

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Υπολογισμός του βέλτιστου μεγέθους αλίευσης για εμπορικά ψάρια
των ελληνικών θαλασσών»**

Πασχάλης Παπαδαμάκης

ΒΟΛΟΣ 2012

**«Υπολογισμός του βέλτιστου μεγέθους αλίευσης για εμπορικά ψάρια των
ελληνικών θαλασσών»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) Αθανάσιος Τσίκληρας, Λέκτορας, Θαλάσσια Βιολογία – Αλιευτικά Αποθέματα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***.

2) Χρήστος Νεοφύτου, Καθηγητής, Ιχθυολογία - Υδροβιολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

3) Δημήτριος Βαφείδης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρησιμότητά τους, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν οι αναπαραγωγικές στρατηγικές και οι κατά μήκος συνθέσεις 25 εμπορεύσιμων αποθεμάτων ψαριών των ελληνικών θαλασσών για τον υπολογισμό του βέλτιστου μεγέθους αλίευσής τους μέσω εμπειρικών εξισώσεων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης για τον προσδιορισμό του ελάχιστου μεγέθους αλίευσης και η σχέση απόλυτης γονιμότητας-μήκους για τον προσδιορισμό του μέγιστου μεγέθους αλίευσης. Επίσης, με βάση άλλα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά (παράμετροι αύξησης, φυσική θνησιμότητα) υπολογίστηκε το βέλτιστο μέγεθος αλίευσης για κάθε απόθεμα με εμπειρικές εξισώσεις.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η κατά μήκος σύνθεση των αποθεμάτων και τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά (παράμετροι αύξησης, φυσική θνησιμότητα), προκειμένου να συγκριθούν τα βέλτιστα μήκη που προέκυψαν από κάθε μέθοδο με βάση τη βέλτιστη βιομάζα που θα αλιευόταν σε κάθε περίπτωση.

Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία θεωρείται πως με βάση τη βέλτιστη βιομάζα αλίευσης το βέλτιστο μήκος αλίευσης για την αθερίνα (*Atherina boyeri*) είναι 6,3 cm, για τη ζαργάνα (*Belone belone*) 36,9 cm, τη σαρδέλα (*Sardina pilchardus*) 10,6 cm, τη φρίσσα (*Sardinella aurita*) 15,2 cm, το γαύρο (*Engraulis encrasicolus*) 9,3 cm, το μπακαλιάρο (*Merluccius merluccius*) 79,2 cm, το χειλονάρι (*Chelon labrosus*) 23,2 cm, το μυξινάρι (*Liza aurata*) 15,1 cm, το μαυράκι (*Liza ramada*) 24,9 cm, το ψωμόνι (*Liza saliens*) 17,8 cm, τον κέφαλο (*Mugil cephalus*) 37,6 cm, την τσέρουλα (*Spicara maena*) 9,9 cm, το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) 40,5 cm, την κουτσομούρα (*Mullus barbatus*) 12 cm, το σκιά (*Sciaena umbra*) 32,5 cm, τη γόπα (*Boops boops*) 18,4 cm, το σπάρο (*Diplodus annularis*) 9,9 cm, το σαργό (*Diplodus sargus*) 22,8 cm, τον αυλιά (*Diplodus vulgaris*) 17,3 cm, το μουσμούλι (*Pagellus acarne*) 17,3 cm, το λυθρίνι

(*Pagellus erythrinus*) 22 cm, το σκαθάρι (*Spondyllosoma cantharus*) 43 cm, το λούτσο (*Sphyræna sphyræna*) 34,6 cm, το μαυροσκορπιό (*Scorpaena porcus*) 13,1 cm και το λειψό (*Helicolenus dactylopterus*) 18,4 cm.

Το τελικό βέλτιστο μήκος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά από συγκεκριμένα αλιευτικά εργαλεία και εφόσον θεσμοθετηθεί ως διαχειριστικό μέτρο, προκειμένου να αποτραπούν φαινόμενα υπερεκμετάλλευσης ως αποτέλεσμα της μείωσης του αναπαραγωγικού δυναμικού των ψαριών που προκύπτει όταν τα ψάρια αλιεύονται πριν αναπαραχθούν ή όταν παράγουν τα περισσότερα αβγά τους.

Λέξεις-κλειδιά: βέλτιστο μήκος αλίευσης, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης, γονιμότητα, ωοτοκία, επίδραση αλιείας, διαχείριση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Κατάσταση των αποθεμάτων-Υπεραλίευση	1
1.1.1. Νεοσυλλεκτική υπεραλίευση	2
1.1.2. Αυξητική υπεραλίευση	3
1.2. Αλιευτική διαχείριση	3
1.2.1. Μονοειδική και πολυειδική προσέγγιση	4
1.2.2. Προληπτική προσέγγιση	5
1.2.3. Οικοσυστημική προσέγγιση	6
1.3. Οικολογικά χαρακτηριστικά ψαριών και διαχειριστικά μέτρα.....	8
1.3.1. Μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης	9
1.3.2. Γονιμότητα και η σχέση της με το μήκος του ψαριού.....	10
1.3.3. Βέλτιστο μήκος αλίευσης	12
1.4. Σκοπός	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	14
2.1. Περιοχή έρευνας	14
2.2. Επιλογή αποθεμάτων	15
2.3. Δειγματοληψία	16
2.4. Υπολογισμός βέλτιστου μεγέθους αλίευσης.....	16
2.4.1. Υπολογισμός βέλτιστου εύρους αλίευσης (LR_{OPT1}).....	17
2.4.2. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT2}) με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Froese & Binohlan	18
2.4.3. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT3}) με βάση την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (L_∞) σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Froese & Binohlan	19
2.4.4. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT4}) με βάση τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους) σύμφωνα με την εξίσωση Beverton.....	20

2.5. Επιβεβαίωση και τελική επιλογή μήκους αλίευσης	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	53
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
6.1 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία.....	61
6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	61
7. ABSTRACT	74

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κατάσταση των αποθεμάτων-Υπεραλίευση

Είναι γνωστό, πως η κατάσταση των παγκόσμιων αλιευτικών αποθεμάτων στις μέρες μας είναι κακή και γίνεται ολοένα και χειρότερη (Branch et al. 2010). Μια πρόσφατη ανάλυση έδειξε ότι, παγκοσμίως, το ποσοστό των υπεραλιευμένων και των εξαντλημένων αυξάνεται συνεχώς (Sumaila et al. 2007), ενώ το ίδιο ισχύει και στη Μεσόγειο (CIESM 2000), όπου ο ρυθμός εκμετάλλευσης των αλιευτικών αποθεμάτων έχει σαφώς αυξηθεί (Ντινούλη & Τσίκληρας 2010) σε σχέση με προηγούμενες εκτιμήσεις (Bertrand 2003). Αντίθετα, ο βαθμός εκμετάλλευσης των ελληνικών αποθεμάτων κρίνεται σχετικά ενθαρρυντικός, τόσο σε σχέση με τα αντίστοιχα της Μεσογείου, όσο και σε σχέση με τα παγκόσμια (Τσίρος και συν. 2010).

Τα αποθέματα μειώνονται γιατί οι περισσότερες κατηγορίες αλιείας, αντλούν από τις θάλασσες μεγαλύτερες ποσότητες βιομάζας ψαριών από ότι μπορεί η ίδια η αύξηση και η αναπαραγωγή των ειδών αυτών, δηλαδή η ανανέωση των αποθεμάτων, να αντέξει (Pauly et al. 1998, Grainger 1999, Watson & Pauly 2001, Pauly et al. 2002, Froese & Pauly 2003). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται υπεραλίευση και περιγράφεται ως η πρώτη ανθρώπινη παρέμβαση στο υδάτινο οικοσύστημα που έχει ως επακόλουθα την καταστροφή σημαντικών βιοτόπων, την εμφάνιση ευτροφικών συνθηκών και την είσοδο ξενικών ειδών στη Μεσόγειο (Jackson et al. 2001).

Η κύρια αιτία της υπεραλίευσης είναι η αποτυχία της αλιευτικής διαχείρισης να ελέγξει την υπερβολική αλιευτική προσπάθεια, απομακρύνοντας κάθε μορφή

αλιευτικής δραστηριότητας από τις κρίσιμες νηπιακές περιοχές (nursery grounds), όπου τα νεαρά άτομα μεγαλώνουν και προστατεύονται (Froese & Pauly 2003).

1.1.1. Νεοσυλλεκτική υπεραλίευση

Η νεοσυλλεκτική υπεραλίευση σχετίζεται με την υπερεκμετάλλευση και συνεπώς τη μείωση της βιομάζας του αναπαραγόμενου πληθυσμού. Συνέπεια της μείωσης του αναπαραγωγικού τμήματος του αποθέματος είναι η παραγωγή λιγότερων αβγών που με τη σειρά της έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη νεοσυλλογή (Sissenwine & Shepherd 1987). Σε πολλούς πληθυσμούς ψαριών, ιδιαίτερα των μικρών πελαγικών όπως ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*) και η σαρδέλα (*Sardina pilchardus*) η διακύμανση του μεγέθους των αποθεμάτων αποδίδεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στη νεοσυλλογή. Η κατανόηση της δυναμικής των εμπορεύσιμων πληθυσμών ψαριών είναι βασική για τη διασφάλιση μίας ορθής επιστημονικής βάσης για την αλιευτική διαχείριση (Cook 2000). Ειδικά, είναι κρίσιμη για την αναγνώριση εκείνων των παραγόντων, που καθορίζουν τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες η αλιεία ενός αποθέματος θα μπορούσε να θεωρηθεί βιώσιμη (Sainsbury 1998).

Οι τάσεις στην αφθονία των πιο εμπορεύσιμων ειδών ψαριών σχετίζονται συνήθως με εξωτερικές πιέσεις, όπως η ανθρώπινη εκμετάλλευση, μαζί με περιβαλλοντικές μεταβολές μέσω της νεοσυλλογής (Fogarty et al. 1991, Walters & Parma 1996). Γι' αυτό το λόγο η κατανόηση της πορείας της νεοσυλλογής και το πώς αυτή σχετίζεται με το μέγεθος των αποθεμάτων είναι κεντρικής σημασίας στην αλιευτική επιστήμη και διαχείριση (Cardinale & Svedang 2004). Επίσης, οι ενδοειδικές και διαειδικές αλληλεπιδράσεις (θήρευση, κανιβαλισμός και ανταγωνισμός), μπορούν

να προκαλέσουν πληθυσμιακές διακυμάνσεις (Fromentin et al. 2001). Έτσι, ο διαχωρισμός της σχετικής συνεισφοράς των ενδογενών και των εξωγενών παραγόντων που καθορίζουν τις μεταβολές στην αφθονία των φυσικών πληθυσμών, ήταν και παραμένει η σημαντικότερη πρόκληση (Jonzen et al. 2002a).

1.1.2. Αυξητική υπεραλίευση

Η αυξητική υπεραλίευση εμφανίζεται όταν η αλιεία στοχεύει σε υπομεγέθη ψάρια που δεν έχουν προλάβει να αναπαραχθούν ούτε μια φορά πριν αλιευθούν. Όταν τα ψάρια αλιεύονται πριν να προλάβει η γενεά να φτάσει στο μέγιστο επίπεδο της βιομάζας της, η αλιεία χάνει πολλά από τη μελλοντική απόδοση παραγωγής που θα μπορούσε να επιτύχει αν τα άφηνε να μεγαλώσουν σε μέγεθος και τα έπιανε αργότερα (Najmudeen & Sathiadhas 2008). Όταν αυξάνεται η θνησιμότητα των νεαρών ατόμων, οι μελλοντικές συλλήψεις και η μεταγενέστερη νεοσυλλογή θα επηρεαστούν (Crowder & Murawski 1998, Diamond et al. 1999). Η αναλογία των πρόωρα αλιευμένων ψαριών σε σχέση με τις συνολικές συλλήψεις είναι τεράστια σε πολύ-ειδικές κατηγορίες αλιείας, αφού πολλά είδη εργαλείων χρησιμοποιούνται ανταγωνιστικά μεταξύ τους έχοντας ως στόχο διαφορετικά είδη ψαριών (Sivasubramaniam 1990, Sujatha 1996).

1.2. Αλιευτική διαχείριση

Κάθε φορά που ένα κοινό φυσικό απόθεμα κρίνεται ανεπαρκές, που σημαίνει πως κάποια προηγούμενη χρήση του έχει οδηγήσει σε μειωμένες δυνατότητες χρήσης

από άλλους, θεωρείται επιβεβλημένη η θεσμοθέτηση κάποιας μορφής διαχείρισης (Wilson et al. 2006).

Η αλιευτική διαχείριση αναφέρεται σήμερα συχνά ως ένα σύστημα ρυθμιστικών κανόνων και μέτρων, βασισμένο σε καθορισμένους στόχους, που εφαρμόζονται από συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης και επιτήρησης (Tserpes 2007). Η σύγχρονη αλιευτική διαχείριση βασίζεται συχνότερα σε βιολογικά δεδομένα που αποσκοπούν στην προστασία του βιολογικού αποθέματος, προκειμένου να καταστεί δυνατή η μακροπρόθεσμη βιώσιμη εκμετάλλευσή του.

Η βάση της αλιευτικής διαχείρισης αποτελείται από την ανάπτυξη και τη χρήση εργαλείων και στρατηγικών που επιτρέπουν την αξιολόγηση των αποθεμάτων και τη διερεύνηση επιλογών εντός συγκεκριμένων διαχειριστικών διαδικασιών, και από τη δύναμη των παραδοχών και των κινδύνων που εμπλέκονται (Tserpes 2007). Θεωρητικά, η αλιευτική διαχείριση μπορεί να επικεντρωθεί μόνο στα είδη στόχους από την αλιεία ή να χρησιμοποιήσει σαν αφετηρία ολόκληρο το οικοσύστημα (Mace 2001). Συνεπώς τα διάφορα διαχειριστικά μέτρα μπορεί να εμπίπτουν στην παραδοσιακή μονοειδική και, την εξέλιξη αυτής, πολυειδική διαχειριστική προσέγγιση, στην προληπτική ή στην οικοσυστημική προσέγγιση, οι οποίες εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως.

1.2.1. Μονοειδική και πολυειδική προσέγγιση

Η διαχειριστική παράδοση στις περισσότερες αλιευτικές περιοχές γινόταν για πολλά χρόνια με βάση το κάθε είδος ή απόθεμα. Αν και είναι γνωστό πως σε ένα οικοσύστημα τα είδη αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω της θήρευσης και του

ανταγωνισμού, οι αλληλεπιδράσεις αυτές που καθορίζουν τη βιομάζα των πληθυσμών παραβλέπονταν. Αυτό συνέβαινε κυρίως γιατί οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να μην είχαν μεγάλη οικονομική σημασία. Ωστόσο, και να ήταν σημαντικές, αφενός ο υπολογισμός των παραμέτρων τους ήταν πολύ δύσκολος και αφετέρου, ακόμη και αν μπορούσαν να εκτιμηθούν οι παράμετροι αυτές, ήταν αδύνατη η πρόβλεψη και ο έλεγχος των μελλοντικών συνθηκών για τα υπόλοιπα είδη (Hilborn & Walters 1992).

Λόγω της πολυπλοκότητας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, οι προσεγγίσεις που προσπαθούν να προπλάσουν ολόκληρο το σύστημα εμπεριέχουν αβεβαιότητα λόγω των δυσνόητων βιολογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αποθεμάτων (Tserpes & Maravelias 2007). Ακόμη, όσο οι περισσότερες κατηγορίες αλιείας παραμένουν πολυειδικές, αναμένεται πως στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι προσεγγίσεις πολυειδικής διαχείρισης θα είναι περισσότερο κατάλληλες (Cohrane 1999).

Κατά συνέπεια, οι μονοειδικές και πολυειδικές προσεγγίσεις υπερισχύουν στα υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης και αποτελούν τον πυρήνα των διαχειριστικών συμβουλών. Στη Μεσόγειο, οι εκτιμήσεις που παρουσιάζονται από τη Γενική Αλιευτική Επιτροπή της Μεσογείου (General Fisheries Commission for the Mediterranean, GFCM), η οποία αποτελεί το αρμόδιο όργανο για τη διαχείριση των βενθοπελαγικών και μικρών πελαγικών αποθεμάτων της λεκάνης, αποτελούν χαρακτηριστικές μονοειδικές εκτιμήσεις που εστιάζουν σε λίγα είδη στόχους. Ωστόσο, η Επιστημονική Συμβουλευτική Επιτροπή (Scientific Advisory Committee, SAC), ενθαρρύνει την έμφαση στις ολιστικές προσεγγίσεις της αλιευτικής διαχείρισης ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη τον πολυειδικό χαρακτήρα των περισσότερων κατηγοριών αλιείας της Μεσογείου (FAO 2003).

1.2.2. Προληπτική προσέγγιση

Σύμφωνα με την Αρχή 15 στη διακήρυξη του Ρίο, η προληπτική διαχειριστική προσέγγιση στην αλιεία θα πρέπει να εφαρμόζεται ευρέως στα κράτη σύμφωνα με τις δυνατότητες τους προκειμένου να προστατευθεί το θαλάσσιο περιβάλλον. Σε μέρη που απειλούνται από σοβαρές ή μη αναστρέψιμες καταστροφές, η έλλειψη πλήρους επιστημονικής βεβαιότητας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως δικαιολογία για την αναβολή οικονομικώς αποδοτικών μέτρων που έχουν σαν στόχο την πρόληψη της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Η προληπτική προσέγγιση για την αξιολόγηση και την ανάλυση, απαιτεί τη ρεαλιστική εκτίμηση του εύρους των αποτελεσμάτων της αλιείας και τις πιθανότητες αυτών των αποτελεσμάτων κάτω από διαφορετικές διαχειριστικές δράσεις (Maravelias et al. 2007). Η προληπτική προσέγγιση ακολουθεί μία διαδικασία προσδιορισμού πιθανών εναλλακτικών υποθέσεων, βασισμένη σε διαθέσιμες πληροφορίες, και εξετάζει τις συνέπειες των προτεινόμενων διαχειριστικών δράσεων σε κάθε εναλλακτική υπόθεση. Σε κάθε ανάλυση ακολουθείται η ίδια διαδικασία ανεξάρτητα από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

Κάθε προληπτική αξιολόγηση θα πρέπει περιλαμβάνει την αβεβαιότητα των δεδομένων, συγκεκριμένες εναλλακτικές υποθέσεις και υπολογισμό της θεωρητικής απόκρισης του συστήματος στο εύρος των εναλλακτικών δράσεων (Maravelias et al. 2007). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται κινητοποίηση για τη διατύπωση σημείων αναφοράς ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της προληπτικής αλιευτικής διαχείρισης (FAO 1995).

1.2.3. Οικοσυστημική προσέγγιση

Στην Ελλάδα, η προληπτική προσέγγιση δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και βρίσκεται ακόμη υπό εφαρμογή. Στο παρελθόν, ως ενδεχόμενα αναφορικά σημεία της εφαρμογής της πρόληψης για την ελληνική αλιεία, είχαν προταθεί οι θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές (Vassilopoulou & Papaconstantinou 1999).

Η ιδέα της χρησιμοποίησης προστατευόμενων περιοχών για την ανάκαμψη ή την προστασία των αλιευτικών αποθεμάτων είναι πολύ παλιά (Garstang 1900). Η χρήση μοντέλων για την αξιολόγηση της επίδρασης κλειστών περιοχών στην απόδοση ανά νεοσυλλογή (yield per recruit) υφίσταται ήδη εδώ και 50 χρόνια (Beverton & Holt 1957), ενώ τέτοιου είδους μοντέλα χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα (Guenette et al. 1998). Αρχικός στόχος των προστατευόμενων περιοχών ήταν η προστασία της βιοποικιλότητας και η διατήρηση του οικοσυστήματος μειώνοντας τις ανθρωπογενείς επιδράσεις (Allison et al. 1998).

Πρόσφατα, εκδηλώθηκε αρκετό ενδιαφέρον για το ενδεχόμενο των θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών, κλειστών από κάθε αλιευτική δραστηριότητα, ως εναλλακτικό και εύκολα εφαρμόσιμο αλιευτικό διαχειριστικό εργαλείο, το οποίο θα μπορούσε να μειώσει την ανθρώπινη επίδραση στους θαλάσσιους πληθυσμούς και στα ενδιαφέροντά τους (Browman & Stergiou 2004a, Smith et al. 2006). Ο απόλυτος αριθμός των άρθρων που δημοσιεύτηκαν στη βασική βιβλιογραφία με αναφορές στις θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές και τα θαλάσσια αποθέματα, είχε εκθετική αύξηση την περίοδο 1995-2006, ενώ το ίδιο συνέβη και για τα άρθρα που βασίζονταν γενικότερα στην οικοσυστημική αλιευτική διαχείριση (Τσίκληρας & Στεργίου 2007).

Η οικοσυστημική διαχείριση βασίζεται εν μέρει ή σχετίζεται, στον προσωρινό ή μόνιμο αποκλεισμό συγκεκριμένων περιοχών από όλες ή ορισμένες αλιευτικές

δραστηριότητες (Roberts et al. 2005, Tsikliras & Stergiou 2007). Η καθιέρωση λοιπόν των θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών ενισχύει τους πληθυσμούς και τη σωματική τους αύξηση επιτρέποντας την αδιατάρακτη αύξηση των νεαρών ατόμων και την επιτυχημένη ενσωμάτωσή τους στους ενήλικους πληθυσμούς (Roberts et al. 2001). Μετά την αύξηση της αφθονίας και της βιομάζας τους, τα ενήλικα ψάρια μεταναστεύουν συχνά σε γειτονικά νερά ενισχύοντας την αλιευτική δραστηριότητα, ενώ παράλληλα οι πληθυσμοί των ειδών που δεν αποτελούν στόχο αλιείας παραμένουν αμετάβλητοι (Tsikliras & Stergiou 2007). Ο τρόπος με τον οποίο ανταποκρίνονται τα αποθέματα με διαφορετικές αναπαραγωγικές στρατηγικές στην προστασία του ενδιαιτήματος ποικίλλει και εξαρτάται από τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά του κάθε είδους (Halpern & Warner 2002, Russ & Alcala 2004, Hilborn et al. 2004).

1.3. Οικολογικά χαρακτηριστικά ψαριών και διαχειριστικά μέτρα

Αρκετά διαχειριστικά μέτρα της μονοειδικής προσέγγισης βασίζονται σε κάποια οικολογικά χαρακτηριστικά των ψαριών και κυρίως σε αυτά που σχετίζονται με την γεννητική ωρίμανση (ελάχιστο μέγεθος αλίευσης, Κεφ. 1.3.1), την αναπαραγωγική περίοδο (εποχική απαγόρευση αλιείας) και τη γονιμότητα (μέγιστο μέγεθος αλίευσης, Κεφ. 1.3.2).

Τα παραπάνω μέτρα του ελάχιστου και μέγιστου μεγέθους αλίευσης, αν και μερικώς αντικρουόμενα μεταξύ τους, στοχεύουν στην προστασία του αναπαραγωγικού δυναμικού. Πρόσφατα, επιχειρήθηκε ο συνδυασμός τους για ορισμένα αποθέματα του Ατλαντικού με τον υπολογισμό του βέλτιστου μεγέθους αλίευσης, το οποίο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης αλλά θα πρέπει

επίσης να υπολείπεται του μήκους που αντιστοιχεί στην υψηλή παραγωγή ωκυττάρων (Froese & Pauly 2003).

1.3.1. Μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης

Το μήκος σώματος των οργανισμών είναι από τις σημαντικότερες πληθυσμιακές παραμέτρους αφού καθορίζει τις διαειδικές σχέσεις λείας-θηρευτή, διαμορφώνει την επιλεκτικότητα των αλιευτικών εργαλείων και σχετίζεται με χαρακτηριστικά όπως η γεννητική ωρίμανση, η γονιμότητα και το τροφικό επίπεδο (Stergiou et al. 2005). Το μέσο μήκος στο οποίο τα ψάρια ενός πληθυσμού είναι γεννητικά ώριμα είναι μία σημαντική διαχειριστική παράμετρος που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των νεαρών ατόμων ενός εκμεταλλευμένου πληθυσμού, παρατηρώντας αν ωριμάζουν και ωτοκοούν (Froese & Binohlan 2000). Το μήκος αυτό καλείται μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) και αναφέρεται στο μέγεθος εκείνο στο οποίο το 50% των ατόμων ενός αποθέματος είναι γεννητικά ώριμα.

Ως πληθυσμιακό χαρακτηριστικό, το L_M μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για τη διάκριση μεταξύ αποθεμάτων ή για την επίδραση της αλιείας στα χαρακτηριστικά των οργανισμών. Έχει βρεθεί ότι τα αποθέματα πολλών οργανισμών ωριμάζουν σε μικρότερο μέγεθος και ηλικία όταν δέχονται ισχυρή αλιευτική πίεση. Πρόκειται για μία εξελικτική αντίδραση των ειδών στην υψηλή αλιευτική θνησιμότητα που προκαλεί η υπερεκμετάλλευση των πληθυσμών τους με σκοπό να προστατέψουν το αναπαραγωγικό τους δυναμικό (Olsen et al. 2004).

Στο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης βασίζεται ένα από τα σημαντικότερα διαχειριστικά μέτρα του ευρωπαϊκού κανονισμού αλιείας, αυτό του ελάχιστου

επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης (ΕΚ 1967/2006). Το σκεπτικό του μέτρου αυτού είναι ότι οι οργανισμοί πρέπει να αλιεύονται αφού έχουν αναπαραχθεί τουλάχιστον μια φορά στη ζωή τους.

1.3.2. Γονιμότητα και η σχέση της με το μήκος του ψαριού

Η απόλυτη γονιμότητα, που ορίζεται ως ο αριθμός των ωοκυττάρων στην ωοθήκη ενός θηλυκού λίγο πριν την αναπαραγωγή, είναι ένα οικολογικό χαρακτηριστικό των ψαριών που παίζει καθοριστικό ρόλο στην αλιευτική διαχείριση. Ο αριθμός των αβγών που θα προκύψουν από την αναπαραγωγή, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη νεοσυλλογή και συνεπώς το μέγεθος των επόμενων γενεών και τελικά την αλιευτική παραγωγή ενός είδους. Η απόλυτη γονιμότητα στα ψάρια είναι εκθετική συνάρτηση του μήκους, του βάρους και της ηλικίας των ψαριών (Wootton 1998). Σύμφωνα με τις εκθετικές καμπύλες, ένα ψάρι λίγο μετά την αναπαραγωγική του ωρίμανση παράγει σχετικά λίγα ωοκύτταρα τα οποία γίνονται πολύ περισσότερα όταν το ψάρι αυτό πλησιάσει το μέγιστο μέγεθος σώματός του (Σχ. 1).

Πολλοί επιστήμονες λόγω της υψηλής γονιμότητας των ψαριών είχαν την πεποίθηση πως οι υπερεκμεταλλευμένοι πληθυσμοί μπορούσαν εύκολα να ανακάμψουν ακόμη και με μειωμένο γονικό απόθεμα εξαιτίας της έντονης αλίευσης. Η θεωρία αυτή είναι πλέον γνωστή ως ‘πλάνη των εκατομμυρίων αυγών (millions-of-eggs fallacy)’ και είχε οδηγήσει στην υποτίμηση της επίδρασης της αλιείας και συνεπώς στην κακοδιαχείριση των αποθεμάτων προκαλώντας ανυπολόγιστη ζημιά στα παγκόσμια αποθέματα (Pauly 2007). Πρόσφατα μάλιστα αποδείχθηκε μέσω πολλών χρονοσειρών ωοτοκίας-μεγέθους αποθέματος ότι σε μεγέθη χαμηλού πληθυσμού, μόνο τρία με πέντε

άτομα των περισσότερων θηλυκών εμπορικών ειδών επιβιώνουν μέχρι τη νεαρή ηλικία, παρά τα εκατομμύρια αυγών που μπορεί να αποθέσουν και να γονιμοποιηθούν (Myers et al. 1999). Πριν από λίγα χρόνια όμως, οι επιστήμονες συνειδητοποίησαν ότι η σύλληψη μεγαλόσωμων ατόμων ψαριών είναι εξίσου επιζήμια με τη σύλληψη μικρόσωμων και αυτό γιατί τα μεγαλύτερα θηλυκά, εκτός από περισσότερα, παράγουν μεγαλύτερα και καλύτερης ποιότητας ωοκύτταρα με υψηλότερες πιθανότητες επιβίωσης (Sadovy 2001, Birkeland & Dayton 2005). Συνεπώς, πλήττεται το αναπαραγωγικό δυναμικό. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα ώριμο θηλυκό άτομο κόκκινου λουτιάνου (*Lutjanus campechanus*) με μήκος 61cm παράγει 9.3000.000 ωοκύτταρα όσα δηλαδή παράγουν 212 θηλυκά μήκους 42cm το καθένα (Pauly 1997).

Ένα άλλο διαχειριστικό μέτρο, που όμως δεν εφαρμόζεται στις ελληνικές θάλασσες, είναι αυτό του μέγιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης το οποίο βασίζεται στην εκθετική αύξηση της απόλυτης γονιμότητας (ο αριθμός των ωοκυττάρων στην ωοθήκη ενός θηλυκού λίγο πριν την ωοτοκία) με το μήκος του ψαριού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του διαχειριστικού μέτρου του μέγιστου μεγέθους αλίευσης είναι εφικτή για αποθέματα που συλλαμβάνονται από αλιευτικά εργαλεία με καμπύλη επιλεκτικότητας κανονικής κατανομής που παρουσιάζει ένα μέγιστο (unimodal), δηλαδή από δίχτυα (σχεδόν όλα τα απλάδια και μερικά μανωμένα) και παραγάδια. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για αλιευτικά εργαλεία στα οποία το αλίευμα διατηρείται ζωντανό μετά την ανέλκυση του εργαλείου στο σκάφος, όπως σε κάθε είδους παγίδες. Σε αυτήν την περίπτωση το αλίευμα μπορεί να μετρηθεί και να επιστραφεί ζωντανό στη θάλασσα. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αλιευτικά

εργαλεία με σιγμοειδή καμπύλη επιλεκτικότητας όπως οι τράτες βυθού, οι βιντζότρατες και τα γρι-γρι.

1.3.3. Βέλτιστο μήκος αλίευσης

Στα ψάρια, η μέγιστη δυνατή παραγωγή βιομάζας ανά νεοσυλλεγόμενο άτομο (yield per recruit) επιτυγχάνεται σε μια ενδιάμεση ηλικία σε σχέση με τη συνολική διάρκεια ζωής τους (Holt 1958), δηλαδή όταν το ψάρι δεν είναι ούτε πολύ μικρό (αποφεύγεται η αυξητική υπεραλίευση), ούτε πολύ μεγάλο (αποφεύγεται η νεοσυλλεκτική υπεραλίευση), συνεπώς προστατεύεται το αναπαραγωγικό δυναμικό (Στεργίου και συν. 2011). Η μέση ηλικία (σε έτη, y) στην οποία παρατηρείται η μέγιστη παραγωγή ανά νεοσυλλεγόμενο άτομο είναι γνωστή ως βέλτιστη ηλικία (t_{OPT}) και το μήκος που αντιστοιχεί σε αυτήν, είναι γνωστό ως βέλτιστο μήκος αλίευσης (L_{OPT}). Σε αυτήν την ηλικία και μέγεθος, το γινόμενο των επιζώντων ατόμων επί το μέσο βάρος τους έχει ως αποτέλεσμα τη μέγιστη βιομάζα που συνήθως αντανάκλα τη μέγιστη παραγωγή αβγών (Beverton 1992). Σε πολλά είδη ψαριών, αυτή η ηλικιακή κλάση θεωρείται ανάλογη της διάρκειας μιας γενεάς δηλαδή της μέσης ηλικίας των γονέων όταν γεννιούνται τα παιδιά τους (Froese & Binohlan 2000).

Ο άμεσος υπολογισμός του βέλτιστου μήκος αλίευσης (L_{OPT}) απαιτεί τη γνώση της φυσικής θνησιμότητας (=οι θάνατοι που προκαλούνται από φυσικά αίτια) και της παραμέτρου K της εξίσωσης αύξησης von Bertalanffy, παραμέτρων που υπολογίζονται δύσκολα. Για αυτό το λόγο πολύ συχνά υπολογίζεται με εμπειρικές εξισώσεις (Froese & Binohlan 2000).

1.4 Σκοπός

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να χρησιμοποιήσει τις αναπαραγωγικές στρατηγικές και τις κατά μήκος συνθέσεις των εμπορεύσιμων αποθεμάτων ψαριών των ελληνικών θαλασσών για τον υπολογισμό του βέλτιστου μεγέθους αλίευσής τους μέσω εμπειρικών εξισώσεων. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης για τον προσδιορισμό του ελάχιστου μεγέθους αλίευσης και η σχέση απόλυτης γονιμότητας-μήκους για τον προσδιορισμό του μέγιστου μεγέθους αλίευσης. Επίσης, με βάση άλλα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά (παράμετροι αύξησης, φυσική θνησιμότητα) θα υπολογιστεί το βέλτιστο μέγεθος αλίευσης για κάθε απόθεμα με εμπειρικές εξισώσεις. Τέλος, θα χρησιμοποιηθεί η κατά μήκος σύνθεση των αποθεμάτων και τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά (παράμετροι αύξησης, φυσική θνησιμότητα), προκειμένου να συγκριθούν τα βέλτιστα μήκη που προέκυψαν από κάθε μέθοδο με βάση τη βέλτιστη βιομάζα που θα αλιευόταν σε κάθε περίπτωση. Το τελικό βέλτιστο μήκος, αυτό δηλαδή που αποδίδει την υψηλότερη συνολική βιομάζα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά από συγκεκριμένα αλιευτικά εργαλεία και εφόσον θεσμοθετηθεί ως διαχειριστικό μέτρο, προκειμένου να αποτραπούν φαινόμενα υπερεκμετάλλευσης ως αποτέλεσμα της μείωσης του αναπαραγωγικού δυναμικού των ψαριών που προκύπτει όταν τα ψάρια αλιεύονται πριν αναπαραχθούν ή όταν παράγουν τα περισσότερα αβγά τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή έρευνας

Οι ελληνικές θάλασσες καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα της Ανατολικής Μεσογείου και αποτελούν πλούσιο αλιευτικό πεδίο. Μπορούν να διαχωριστούν στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος. Το Αιγαίο Πέλαγος επικοινωνεί βορειοανατολικά μέσω του Ελλησπόντου με τη θάλασσα της Προποντίδας και κατ' επέκταση με τη Μαύρη Θάλασσα μέσω του Βοσπόρου. Στο νοτιοανατολικό του τμήμα, το Αιγαίο Πέλαγος επικοινωνεί με τη θάλασσα της Λεβαντίνης. Το Ιόνιο Πέλαγος νοτιοδυτικά επικοινωνεί με την κεντρική Μεσόγειο, ενώ βορειοδυτικά με την Αδριατική Θάλασσα μέσω του στενού του Οτράντο. Στο Νότιο τμήμα του Ιονίου, μόλις 30 μίλια από τις ΝΔ ακτές της Πελοποννήσου, βρίσκεται η περιοχή με μεγαλύτερο βάθος της Μεσογείου (Sakellariou & Alexandri 2007).

Η Μεσόγειος θάλασσα και ειδικά το ανατολικό της τμήμα, θεωρείται ως μία από τις πιο oligotροφικές περιοχές σε όλο τον κόσμο, με βάση την πρωτογενή παραγωγικότητα (Yacobi et al. 1995). Η παρατηρούμενη oligotροφία της περιοχής σχετίζεται με την έλλειψη φωσφόρου (Ignatiades 1992). Παρόλο που για το Αιγαίο Πέλαγος υπάρχουν πολύ λίγες μελέτες παραγωγικότητας (Ignatiades 1998), οι λιγοστές διαθέσιμες πληροφορίες επιβεβαιώνουν πως η διάπλαση της περιοχής είναι τυπική oligotροφική (Becacos-Kontos 1977), καθώς τα επίπεδα παραγωγικότητας είναι παρόμοια με τα αντίστοιχα της θάλασσας της Λεβαντίνης, η οποία θεωρείται η πιο oligotροφική περιοχή της Μεσογείου (Azon 1991). Τα νερά του Αιγαίου διαφοροποιούνται εντυπωσιακά από τα αντίστοιχα του Ιονίου και της Λεβαντίνης,

καθώς υπολείπονται σε θρεπτικά αλλά έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε οξυγόνο (Psarra et al. 2000). Οι ανταλλαγές νερού μεταξύ του Αιγαίου Πελάγους και της υπόλοιπης Ανατολικής Μεσογείου έχουν σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη παροχή θρεπτικών στο Αιγαίο, μέσω της εισροής του ενδιάμεσου νερού από τη Λεβαντίνη (Souvermezoglou et al. 1999).

2.2. Επιλογή αποθεμάτων

Τα αποθέματα επιλέχθηκαν με βάση την ποσοστιαία αναλογία τους στις συνολικές συλλήψεις της ελληνικής αλιείας (Stergiou et al. 2007), τη διαθεσιμότητα δεδομένων που αφορούν τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά τους στη Μεσόγειο (Tsilikiras et al. 2011) και την κάλυψη των αλιευμάτων όσο το δυνατόν περισσότερων αλιευτικών εργαλείων.

Έτσι επιλέχθηκαν τα παρακάτω 25 είδη: η αθερίνα (*Atherina boyeri*), η ζαργάνα (*Belone belone*), η σαρδέλα (*Sardina pilchardus*), η φρίσσα (*Sardinella aurita*), ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*), ο μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*), το χελονάρι (*Chelon labrosus*), το μυξινάρι (*Liza aurata*), το μαυράκι (*Liza ramada*), το ψωμόνι (*Liza saliens*), ο κέφαλος (*Mugil cephalus*), η τσέρουλα (*Spicara maena*), το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η κουτσομούρα (*Mullus barbatus*), ο σκιός (*Sciaena umbra*), η γόπα (*Boops boops*), ο σπάρος (*Diplodus annularis*), ο σαργός (*Diplodus sargus*), ο αυλιάς (*Diplodus vulgaris*), το μουσμούλι (*Pagellus acarne*), το λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*), το σκαθάρι (*Spondyllosoma cantharus*), ο λούτσος (*Sphyræna sphyræna*), ο μαυροσκορπιός (*Scorpaena porcus*) και ο λειψός (*Helicolenus dactylopterus*).

2.3. Δειγματοληψία

Για ορισμένες από τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύονται παρακάτω, είναι απαραίτητη η κατά μήκος σύνθεση του οργανισμού στην περιοχή έρευνας. Για το λόγο αυτό ήταν απαραίτητη μια εφάπαξ δειγματοληψία για κάθε είδος με σκοπό την καταγραφή των μηκών τουλάχιστον 50 ατόμων. Επειδή τα επιλεγμένα είδη αποτελούν στόχο διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων, για τη συλλογή δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν γρι-γρι (που χρησιμοποιούν το ομώνυμο αλιευτικό εργαλείο), μηχανότρατες (που χρησιμοποιούν τράτα βυθού) και παράκτια σκάφη (που χρησιμοποιούν πληθώρα αλιευτικών εργαλείων), κυρίως αυτά που χρησιμοποιούν απλά και μανωμένα δίχτυα και παραγάδια. Όλα τα δείγματα προέρχονται από το βόρειο Αιγαίο, το σημαντικότερο αλιευτικό πεδίο, ως προς τη συνολική βιομάζα που αλιεύεται, των ελληνικών θαλασσών.

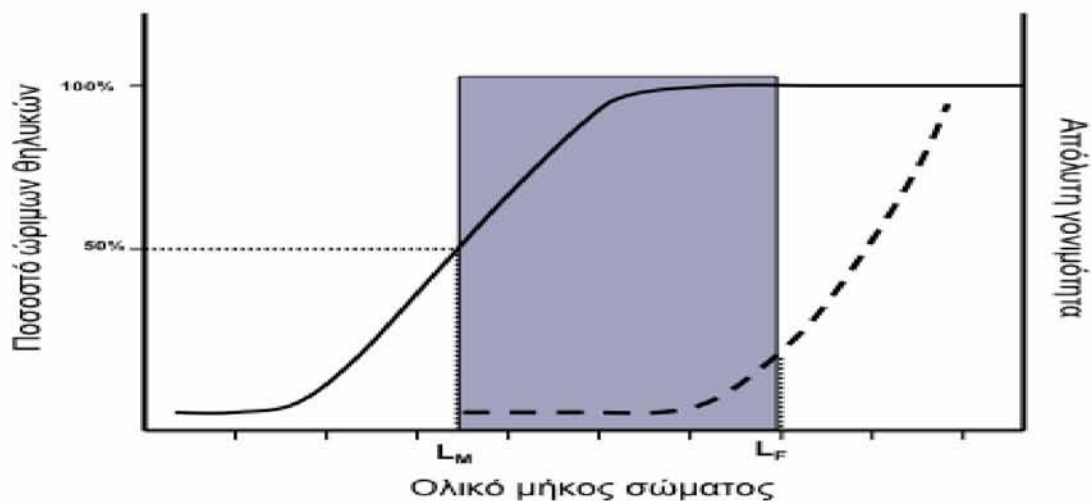
Οι δειγματοληψίες με γρι-γρι (αλιευτικό σκάφος *Στέφανος Μανιός*) πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο του 2010 και του 2011, με μηχανότρατα (αλιευτικό σκάφος *Παναγιά Κονίστρα*) από τον Οκτώβριο 2010 έως το Μάρτιο 2011 και με παράκτια σκάφη (αλιευτικά σκάφη *Τάκης II* και *Δημήτριος*) από τον Ιούνιο 2010 έως τον Αύγουστο 2011. Για όσα είδη δεν συλλέχθηκε ικανός αριθμός δειγμάτων (δηλαδή περισσότερα από 50 άτομα), χρησιμοποιήθηκαν οι διαθέσιμες από τη βιβλιογραφία κατά μήκος συνθέσεις για κάθε είδος από το βόρειο Αιγαίο ή κοντινές περιοχές.

2.4. Υπολογισμός βέλτιστου μεγέθους αλίευσης

Το βέλτιστο μέγεθος αλίευσης (L_{OPT}) καθορίστηκε ξεχωριστά σε κάθε είδος και υπολογίστηκε με τέσσερις μεθόδους, μια από τις οποίες υπολογίζει βέλτιστο εύρος μεγέθους αλίευσης (μέθοδος 1) και οι υπόλοιπες τρεις υπολογίζουν βέλτιστο μέγεθος αλίευσης (μέθοδοι 2, 3, 4). Από τις τρεις μεθόδους (2, 3 και 4) υπολογίστηκε η μέση τιμή και εξετάστηκε αν εμπίπτει στο εύρος τιμών που υπολογίστηκαν από τη μέθοδο 1.

2.4.1. Υπολογισμός βέλτιστου εύρους αλίευσης (LR_{OPT1})

Για τον υπολογισμό του εύρους αυτού είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης και η σχέση της απόλυτης γονιμότητας με το ολικό μήκος για κάθε είδος. Το βέλτιστο εύρος μεγέθους αλίευσης καθορίστηκε με δυο κριτήρια (Σχ. 1): να υπερβαίνει έως 10% το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) και να υπολείπεται έως 10% του μήκους που συμπίπτει με την απότομη αύξηση της γονιμότητας (L_F).



Σχήμα 1. Θεωρητικό διάγραμμα για την επιλογή του βέλτιστου εύρους αλίευσης (σκίαση) με βάση τη σχέση μήκους-ποσοστού ώριμων θηλυκών (—) και γονιμότητας-μήκους (---). L_M : μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης, L_F : μήκος απότομης αύξησης της γονιμότητας.

Για τον υπολογισμό του μήκους που συμπίπτει με την απότομη αύξηση της γονιμότητας (L_F), χρησιμοποιήθηκε προκαθορισμένο ασυνεχές παλινδρομικό μοντέλο (discontinuous breakpoint regression model) που εντοπίζει το σημείο (εδώ το μήκος L_F) στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή (εδώ η γονιμότητα) αρχίζει να αυξάνεται με υψηλότερους ρυθμούς, εφαρμόζοντας μη-γραμμική εκτίμηση.

2.4.2. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT2}) με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Froese & Binohlan

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, το βέλτιστο μήκος αλίευσης (L_{OPT2}), υπολογίζεται εμπειρικά από το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης. Αν αυτό δεν είναι γνωστό, μπορεί να υπολογιστεί, με βάση το ολικό μήκος σώματος (L_{MAX}), από την εμπειρική εξίσωση των Froese & Binohlan που βασίστηκε σε 270 αποθέματα ακτινοπτερύγιων και σε 70 ελασμοβράγχιων (Binohlan & Froese 2009). Με βάση την εξίσωση αυτή, για κάθε είδος και ξεχωριστά για τους ακτινοπτερύγιους και τους ελασμοβράγχιους, αν είναι γνωστό το μέγιστο ολικό μήκος σώματος (L_{MAX}), μπορεί να υπολογιστεί το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) από τις παρακάτω εμπειρικές εξισώσεις:

$$\log(L_M) = -0,1189 + 0,9157 \times \log(L_{MAX}) \quad \text{για τους ακτινοπτερύγιους}$$

και

$$\log(L_M) = -0,1246 + 0,9924 \times \log(L_{MAX}) \quad \text{για τους ελασμοβράγχιους}$$

Αφού το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης είναι πλέον γνωστό, το βέλτιστο μήκος αλίευσης (L_{OPT2}) μπορεί να υπολογιστεί στη συνέχεια από την εμπειρική εξίσωση (Froese & Binohlan 2000):

$$\log(L_{OPT2}) = -0,0565 + 1,053 \times \log(L_M)$$

2.4.3. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT3}) με βάση την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (L_∞) σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Froese & Binohlan

Εκτός από το μήκος πρώτης ωρίμανσης, για τον υπολογισμό του βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT3}) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (L_∞) σύμφωνα με την εμπειρική μέθοδο Froese & Binohlan (2000). Το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (L_∞) υπολογίζεται από την εξίσωση αύξησης von Bertalanffy για την οποία όμως είναι απαραίτητα δεδομένα μήκους και ηλικίας. Όταν το μήκος του οργανισμού είναι η μοναδική διαθέσιμη παράμετρος, εφαρμόζεται η μέθοδος Bhattacharya (Bhattacharya 1967) που στοχεύει στον προσδιορισμό των ηλικιακών κλάσεων ενός αποθέματος μόνο από την κατανομή των μηκών με προοδευτική ανάλυση μέγιστων (modal progression analysis) (Gayanilo & Pauly 1997). Αφού εντοπιστούν οι ηλικιακές κλάσεις και το μέσο μήκος που αντιστοιχεί στην κάθε μία, προκύπτουν τα ζεύγη μήκους-ηλικίας στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί η μη-γραμμική επίλυση για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους).

Με το ασυμπτωτικό μήκος πλέον γνωστό, το βέλτιστο μήκος αλίευσης (L_{OPT3}) μπορεί να υπολογιστεί στη συνέχεια από την εμπειρική εξίσωση (Froese & Binohlan 2000):

$$\log(L_{OPT3}) = -0,2742 + 1,0421 \times \log(L_{\infty})$$

2.4.4. Υπολογισμός βέλτιστου μήκους αλίευσης (L_{OPT4}) με βάση τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους) σύμφωνα με την εξίσωση Beverton

Τέλος, για τον υπολογισμό του βέλτιστου μήκους αλίευσης σύμφωνα με την εξίσωση του Beverton (1992) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φυσική θνησιμότητα (M), όπως υπολογίζεται από την εξίσωση του Pauly (1980), καθώς και οι παράμετροι αύξησης L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους). Αν δεν είναι γνωστές, οι παράμετροι αύξησης υπολογίζονται, είτε από την εξίσωση von Bertalanffy από ζεύγη μήκους-ηλικίας με μη-γραμμική επίλυση, είτε με τη μέθοδο Bhattacharya (Bhattacharya 1967) από τα μήκη με προοδευτική ανάλυση μέγιστων (Gayanilo & Pauly 1997), όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Έτσι, αφού οι παράμετροι M (φυσική θνησιμότητα), L_{∞} (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους) είναι γνωστές, το βέλτιστο μήκος αλίευσης (L_{OPT4}) υπολογίζεται από την εξίσωση (Beverton 1992):

$$L_{OPT4} = 3 \times L_{\infty} \times (3 + M \times K^{-1})^{-1}$$

2.5. Επιβεβαίωση και τελική επιλογή μήκους αλίευσης

Για να επιλεγεί από τις τέσσερις μεθόδους το βέλτιστο μήκος που δίνει την υψηλότερη βιομάζα, υπολογίστηκε η βέλτιστη βιομάζα αλίευσης (δηλαδή αυτή που αντιστοιχεί στο βέλτιστο μήκος αλίευσης) για κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους με πληθυσμιακή ανάλυση μηκών (Froese & Binohlan 2000) και με τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά (παράμετροι αύξησης, μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης, φυσική θνησιμότητα) να διατηρούνται τα ίδια σε όλες τις περιπτώσεις. Επιπλέον, για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν και οι παράμετροι της σχέσης βάρους-μήκους, a (τομή της γραμμής τάσης στον άξονα του βάρους στη λογαριθμημένη μορφή της εξίσωσης) και b (κλίση της γραμμής τάσης στη λογαριθμημένη μορφή της εξίσωσης). Χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι a και b από τη βιβλιογραφία για τα ίδια ή κοντινά αποθέματα των ειδών που μελετήθηκαν.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικός πίνακας πληθυσμιακών παραμέτρων και παραμέτρων αύξησης ανά είδος.

ΑΑ	Είδη	L _{MAX}	L _M	L _F	L _∞	K	M	a	b	F-L	References
1	<i>A. boyeri</i>	10,5	6,5	9,0	11,7	0,35	0,79	0,0042	3,15	$F = 0,865 \times L^{2,48}$	(Koutrakis et al 2004)
2	<i>B. belone</i>	60,0	40,0	50,0	58,5	0,3	0,22	0,0003	3,4	$F = 0,0041 \times L^{4,11}$	(Uckun et al 2004)
3	<i>S. pilchardus</i>	18,0	12,0	16,0	18,5	0,62	1,39	0,005	3,153	$F = 0,039 \times L^{4,78}$	(Voulgaridou & Stergiou 2003)
4	<i>S. aurita</i>	24,0	16,2	22,0	25,0	0,51	0,85	0,0059	3,084	$F = 0,095 \times L^{4,22}$	(Tsikliras & Antonopoulou 2006)
5	<i>E. encrasicolus</i>	16,0	11,0	15,0	17,3	0,75	1,93	0,0128	2,728	$F = 0,0001 \times L^{7,64}$	(Stergiou & Karachle 2006)
6	<i>M. merluccius</i>	80,0	30,0	55,0	90,0	0,16	0,07	0,0046	3,153	$F = 2,54 \times L^{3,07}$	(Papaconstantinou & Stergiou 1995)
7	<i>C. labrosus</i>	35,0	27,0	35,0	37,5	0,26	0,24	0,0108	2,948	$\log F = 4,297 \times \log L - 1,073$	(Koutrakis & Sinis 1994)
8	<i>L. aurata</i>	40,0	18,0	35,0	24,0	0,55	0,98	0,0036	3,26	$F = 20,57 \times L^{2,86}$	(Ilkyaz et al 2006)
9	<i>L. ramada</i>	40,0	24,0	35,0	40,0	0,25	0,21	0,011	2,955	$F = 15,82 \times L^{2,78}$	(Koutrakis & Sinis 1994)
10	<i>L. saliens</i>	27,4	21,0	27,0	29,0	0,28	0,31	0,0102	2,984	$F = 289,4 \times L^{2,01}$	(Koutrakis & Sinis 1994)
11	<i>M. cephalus</i>	55,0	35,4	50,0	70,0	0,4	0,3	0,0128	2,779	$F = 393056 \times L + 924551$	(Koutrakis & Sinis 1994)
12	<i>S. maena</i>	16,0	10,0	14,0	18,0	0,23	0,32	0,0104	3,096	$F = 33,4 \times L^{2,60}$	(Mytilineou & Papaconstantinou 1991)
13	<i>D. labrax</i>	60,0	30,0	50,0	76,0	0,16	0,07	0,050	3,0	$F = 87 \times 10^{-5} \times L^5$	(Kara & Chaoui 1998)

Πίνακας 1. συνέχεια

14	<i>M. barbatus</i>	25,0	12,0	17,0	27,0	0,4	0,56	0,0157	2,995	$F = 0,001 \times L^{3,49}$	(Ozbiligin et al 2004)
15	<i>S. umbra</i>	50,0	24,0	40,0	58,0	0,11	0,05	0,0071	3,2	$F = 0,001 \times FL^{3,489}$	(La Mesa et al 2008)
16	<i>B. boops</i>	23,0	13,0	16,0	30,0	0,41	0,54	0,0147	2,877	$F = e^{(6,35+0,019 \times L)}$	(Kallianiotis 1992)
17	<i>D. annularis</i>	22,0	10,0	15,0	24,0	0,2	0,21	0,0122	3,142	$F = 0,0015 \times L^{5,82}$	(Koc et al 2002)
18	<i>D. sargus</i>	45,0	22,0	35,0	45,0	0,17	0,11	0,0138	3,07	$F = 34677 \times TL - 519843$	(Gordoa & Moli 1997)
19	<i>D. vulgaris</i>	30,0	17,0	27,0	32,0	0,29	0,31	0,0131	3,055	$F = 25398 \times TL - 484426$	(Gordoa & Moli 1997)
20	<i>P. acarne</i>	25,0	17,0	21,0	35,0	0,16	0,12	0,0093	3,105	$F = 0,025 \times L^{4,94}$	(Ouamari et al 2011)
21	<i>P. erythrinus</i>	31,0	18,0	25,0	37,0	0,21	0,17	0,0221	2,945	$F = 0,001 \times L^{3,74}$	(Somarakis & Machias 2002)
22	<i>S. cantharus</i>	40,0	25,0	63,0	45,0	0,22	0,16	0,0177	2,951	$F = 0,105 \times L^{4,43}$	(Dulcic et al 1998)
23	<i>S. sphyraena</i>	42,0	24,0	35,0	55,0	0,12	0,06	0,005	2,92	$\log F = 3,822 \times \log L - 0,987$	(Allam et al 2004)
24	<i>S. porcus</i>	20,0	13,0	18,0	20,0	0,18	0,2	0,023	2,96	$F = 0,0323 \times L^{2,62}$	(Alpaslan et al 2007)
25	<i>H. dactylopterus</i>	28,0	14,0	22,0	30,0	0,13	0,1	0,016	2,99	$F = 5528 \times L - 70265$	(Consoli et al 2010)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα προτεινόμενα βέλτιστα εύρη (LR_{OPT1}) και μήκη (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) μεγέθους αλίευσης για τα 25 είδη των ελληνικών θαλασσών, όπως αυτά υπολογίστηκαν ανάλογα με την μέθοδο εκτίμησης τους, καθώς και το ισχύον ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος αλίευσης (EEMA). Επίσης αναγράφεται η μέση τιμή των μεθόδων 2, 3 και 4, η τυπική τους απόκλιση (SD), καθώς και ο ποσοστιαίος λόγος της τυπικής απόκλισης προς τη μέση τιμή. Από τις τιμές της τυπικής απόκλισης φαίνεται πως γενικά υπήρχε συμφωνία των μεθόδων 2, 3 και 4 για όλα τα είδη. Η μεγαλύτερη συμφωνία παρατηρήθηκε για την αθερίνα, τη φρίσσα, τη σαρδέλα και το γαύρο. Αντίθετα, για το μπακαλιάρο, το λαβράκι, το λούτσο και το σκίο φαίνεται να μην υπάρχει συμφωνία.

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικός πίνακας με τα προτεινόμενα βέλτιστα εύρη και μήκη μεγέθους αλίευσης για τα 25 είδη ψαριών των ελληνικών θαλασσών σύμφωνα με τις τέσσερις μεθόδους εκτίμησης.

AA	Είδη	EEMA	LRopt1	Lopt2	Lopt3	Lopt4	Μέση τιμή	SD	SD/Μέση τιμή%
1	<i>A. boyeri</i>	-	7-9	6,3	6,9	6,7	6,6	0,3	4,6
2	<i>B. belone</i>	-	40-50	42,7	36,9	46,9	42,2	5,0	11,9
3	<i>S. pilchardus</i>	11,0	13-16	12,0	11,1	10,6	11,2	0,7	6,4
4	<i>S. aurita</i>	10,0	18-22	16,5	15,2	16,1	15,9	0,6	4,0
5	<i>E. encrasicolus</i>	9,0	12-15	10,9	10,4	9,3	10,2	0,8	8,2
6	<i>M. merluccius</i>	20,0	31-55	31,5	57,9	79,2	56,2	23,9	42,5
7	<i>C. labrosus</i>	-	30-35	28,2	23,2	28,7	26,7	3,0	11,4
8	<i>L. aurata</i>	-	20-35	18,4	14,6	15,1	16,0	2,1	13,0
9	<i>L. ramada</i>	-	25-35	26,0	24,9	31,1	27,3	3,3	12,1
10	<i>L. saliens</i>	-	23-27	21,7	17,8	21,1	20,2	2,1	10,4
11	<i>M. cephalus</i>	16,0	40-50	37,6	44,5	55,9	46,0	9,2	20,1

Πίνακας 2. συνέχεια

12	<i>S. maena</i>	-	10-14	9,9	10,8	12,3	11,0	1,2	11,1
13	<i>D. labrax</i>	25,0	31-50	31,5	48,5	66,0	48,7	17,2	35,4
14	<i>M. barbatus</i>	11,0	13-17	12,0	16,5	18,4	15,6	3,3	20,9
15	<i>S. umbra</i>	-	25-40	24,9	36,6	50,5	37,3	12,8	34,2
16	<i>B. boops</i>	10,0	14-16	13,1	18,4	20,8	17,4	4,0	22,7
17	<i>D. annularis</i>	12,0	11-15	9,9	14,6	17,7	14,1	3,9	27,9
18	<i>D. sargus</i>	23,0	24-35	22,8	28,1	36,9	29,3	7,2	24,5
19	<i>D. vulgaris</i>	18,0	19-27	17,3	19,7	23,6	20,2	3,2	15,6
20	<i>P. acarne</i>	17,0	17-21	17,3	21,6	28,0	22,3	5,4	24,1
21	<i>P. erythrinus</i>	15,0	19-25	18,4	22,9	29,0	23,4	5,3	22,7
22	<i>S. cantharus</i>	8,7	26-60	26,0	28,1	36,0	30,1	5,3	17,6
23	<i>S. sphyraena</i>	-	25-35	24,9	34,6	47,4	35,6	11,3	31,6
24	<i>S. porcus</i>	-	13-18	13,1	12,1	14,5	13,2	1,2	9,3
25	<i>H. dactylopterus</i>	-	15-22	14,1	18,4	24,1	18,9	5,0	26,3

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι βιομάζες αλίευσης ανά βέλτιστο προτεινόμενο μήκος αλίευσης. Σύμφωνα λοιπόν με τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά κάθε είδους ψαριού (Πιν. 1) και με βάση την κατά μήκος σύνθεση του πληθυσμού κάθε είδους, υπολογίστηκε η βιομάζα αλίευσης για κάθε είδος.

Επομένως, όπως γίνεται αντιληπτό, δεν υπάρχει κάποια βέλτιστη μέθοδος υπολογισμού μεγέθους αλίευσης (δηλαδή μέθοδος που να δίνει συστηματικά υψηλότερη βιομάζα αλίευσης). Έτσι, η μέθοδος 1 δίνει την υψηλότερη βιομάζα αλίευσης για το λαβράκι, το σκιά, το λυθρίνι και το σκαθάρι. Η δεύτερη μέθοδος θεωρείται βέλτιστη για την αθερίνα, την τσέρουλα, τον κέφαλο, την κουτσομούρα, το σπάρο, το σαργό, τον αυλιά, το μουσμούλι και το μαυροσκορπιό. Τα είδη που έχουν την υψηλότερη βιομάζα αλίευσης σύμφωνα με την μέθοδο 3 είναι η ζαργάνα, η φρίσσα, το χειλονάρι, το μαυράκι, το ψωμόνι, η γόπα, ο λούτσος και ο λειψός. Τέλος, η τέταρτη μέθοδος θεωρείται βέλτιστη για τη σαρδέλα, το γαύρο, το μπακαλιάρο και το μυζινάρι.

Βέβαια, οι τιμές της μεθόδου 3 φαίνεται πως στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εντός του LR_{OPT1} γεγονός που την καθιστά προτιμότερη καθώς το να μην συλλαμβάνονται τα ανώριμα άτομα είναι σαφώς σημαντικότερο από την υψηλή βιομάζα. Συγκεκριμένα, το L_{OPT3} βρίσκεται εντός του LR_{OPT1} για το μαυράκι, τον κέφαλο, την τσέρουλα, το λαβράκι, την κουτσομούρα, το σκιά, το σπάρο, το σαργό, τον αυλιά, το λυθρίνι, το σκαθάρι, το λούτσο και το λειψό. Από την άλλη, το L_{OPT2} στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκεται κάτω από το LR_{OPT1} εκτός από τη ζαργάνα, το μπακαλιάρο, το μαυράκι, το λαβράκι, το μουσμούλι, το σκαθάρι και το μαυροσκορπίο για το οποία βρίσκεται εντός του εύρους. Τέλος, η μέθοδος 4 δείχνει να δίνει συστηματικά υψηλές τιμές, καθώς το L_{OPT4} για τα περισσότερα είδη βρίσκεται πάνω από το LR_{OPT1} .

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικός πίνακας βιομάζας αλίευσης (t) για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο μήκος αλίευσης.

ΑΑ	Είδη	Βιομάζα 1	Βιομάζα 2	Βιομάζα 3	Βιομάζα 4
1	<i>A. boyeri</i>	0,1	0,3	0,25	0,27
2	<i>B. belone</i>	20,0	24,0	29,0	18,0
3	<i>S. pilchardus</i>	9,0	156,0	161,0	163,0
4	<i>S. aurita</i>	80,0	103,0	104,0	103,0
5	<i>E. encrasicolus</i>	6,0	286,0	299,0	317,0
6	<i>M. merluccius</i>	31,0	70,0	194,0	343,0
7	<i>C. labrosus</i>	2,0	2,0	10,0	2,0
8	<i>L. aurata</i>	4,0	30,0	41,0	41,1
9	<i>L. ramada</i>	41,0	82,0	84,0	78,0
10	<i>L. saliens</i>	11,0	30,0	44,0	34,0
11	<i>M. cephalus</i>	644,0	786,0	188,0	0,0
12	<i>S. maena</i>	12,0	14,0	13,0	10,0
13	<i>D. labrax</i>	5,0	2,0	0,0	0,0
14	<i>M. barbatus</i>	5,0	11,0	9,0	6,0
15	<i>S. umbra</i>	100,0	72,0	17,0	0,0

Πίνακας 3. συνέχεια

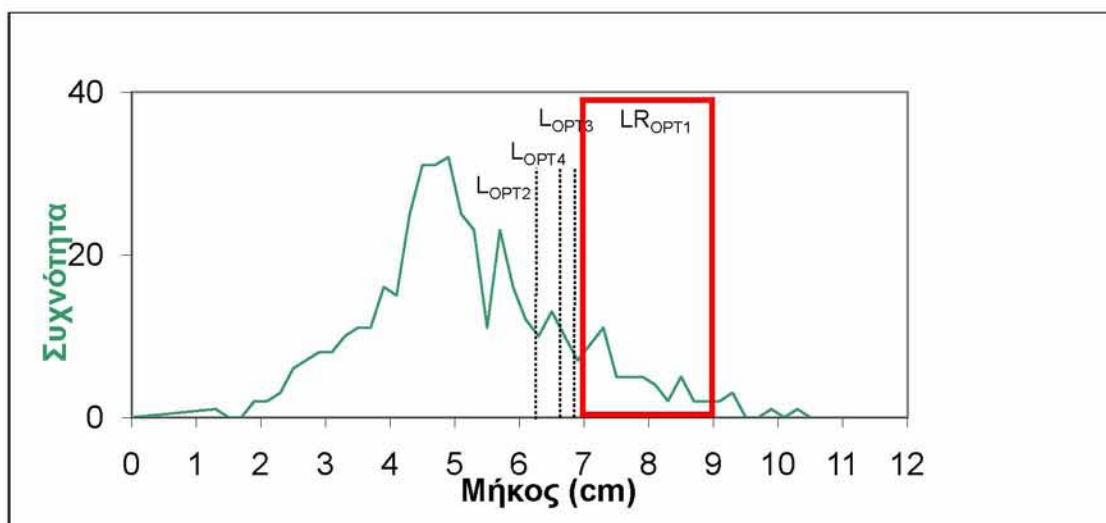
16	<i>B. boops</i>	0,03	43,0	56,0	48,0
17	<i>D. annularis</i>	15,0	17,0	11,0	4,0
18	<i>D. sargus</i>	43,0	47,0	21,0	9,0
19	<i>D. vulgaris</i>	29,0	41,0	34,0	28,0
20	<i>P. acarne</i>	57,0	71,0	46,0	1,0
21	<i>P. erythrinus</i>	7,0	5,0	1,0	0,0
22	<i>S. cantharus</i>	204,0	111,0	101,0	38,0
23	<i>S. sphyraena</i>	15,0	47,0	57,0	2,0
24	<i>S. porcus</i>	4,0	6,13	6,1	5,0
25	<i>H. dactylopterus</i>	25,0	54,0	66,0	52,0

Αθερίνα (*Atherina boyeri*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Atherina boyeri</i>	7-9 cm	6,3 cm	6,9 cm	6,7 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7 και 9 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 6,3 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 6,9 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 6,7 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 2), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για την αθερίνα επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (0,3 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (0,1 t). Για τα L_{OPT3} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 0,25 t και 0,27 t αντίστοιχα.



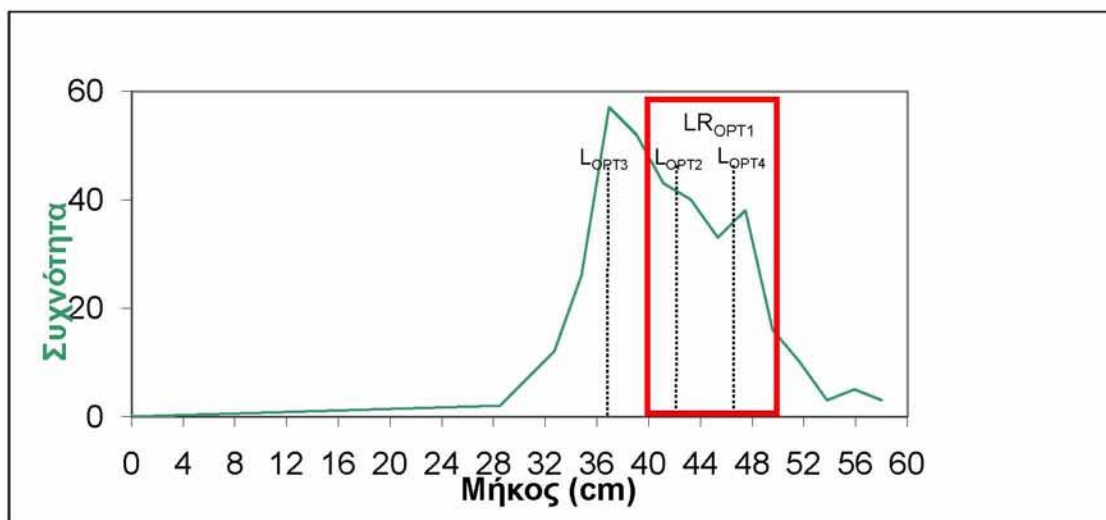
Σχήμα 2. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της αθερίνας.

Ζαργάνα (*Belone belone*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Belone belone</i>	40-50 cm	42,7 cm	36,9 cm	46,9 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 42,7 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 36,9 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 46,9 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 3), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τη ζαργάνα επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (29 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (18 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT2} η βιομάζα αλίευσης είναι 20 t και 24 t αντίστοιχα.



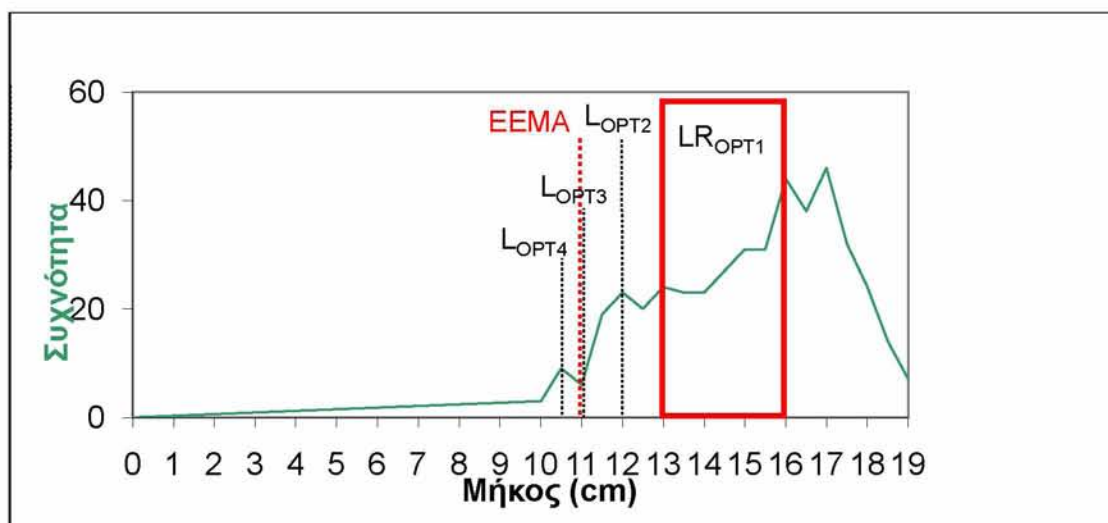
Σχήμα 3. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της ζαργάνας.

Σαρδέλα (*Sardina pilchardus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Sardina pilchardus</i>	13-16 cm	12 cm	11,1 cm	10,6 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 13 και 16 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 12 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 11,1 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 10,6 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 4), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τη σαρδέλα επιτυγχάνεται στο L_{OPT4} (163 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (9 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 156 t και 161 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως οι μέθοδοι 1, 2 και 3 δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA ενώ η μέθοδος 4 μικρότερο.



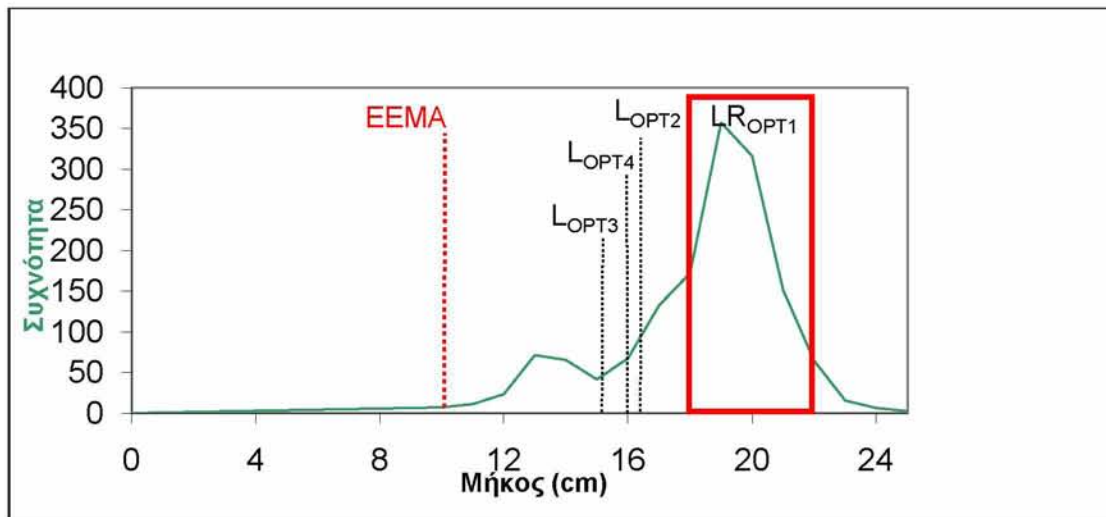
Σχήμα 4. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της σαρδέλας.

Φρίσσα (*Sardinella aurita*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Sardinella aurita</i>	18-22 cm	16,5 cm	15,2 cm	16,1 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 18 και 22 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 16,5 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 15,2 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 16,1 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 5), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τη φρίσσα επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (104 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (80 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 103 t. Επίσης, παρατηρείται πως όλες οι μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA.



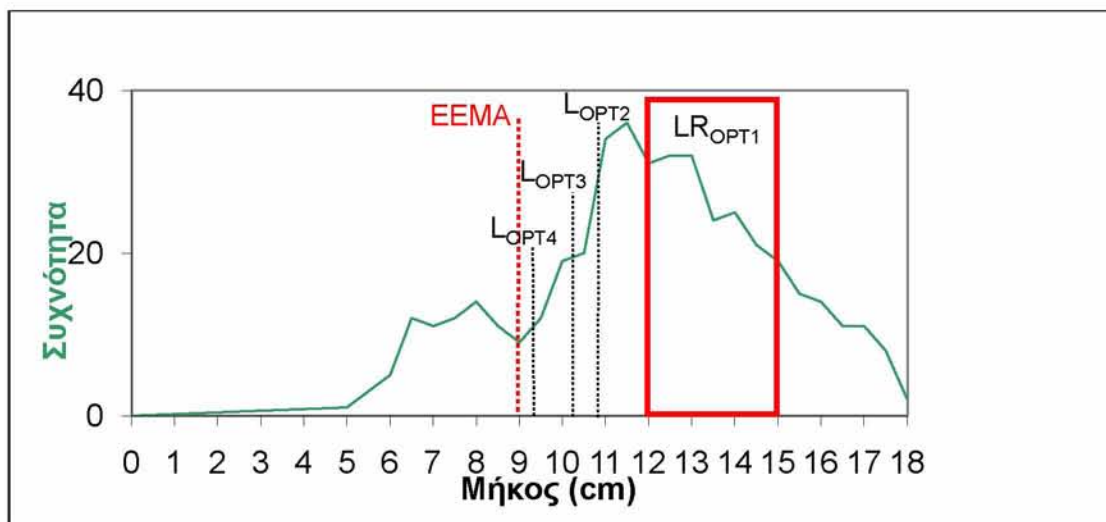
Σχήμα 5. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της φρίσσας.

Γαύρος (*Engraulis encrasicolus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Engraulis encrasicolus</i>	12-15 cm	10,9 cm	10,4 cm	9,3 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 12 και 15 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 10,9 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 10,4 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 9,3 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 6), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το γαύρο επιτυγχάνεται στο L_{OPT4} (317 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (6 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 286 t και 299 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως τα μήκη όλων των μεθόδων είναι μεγαλύτερα του EEMA.



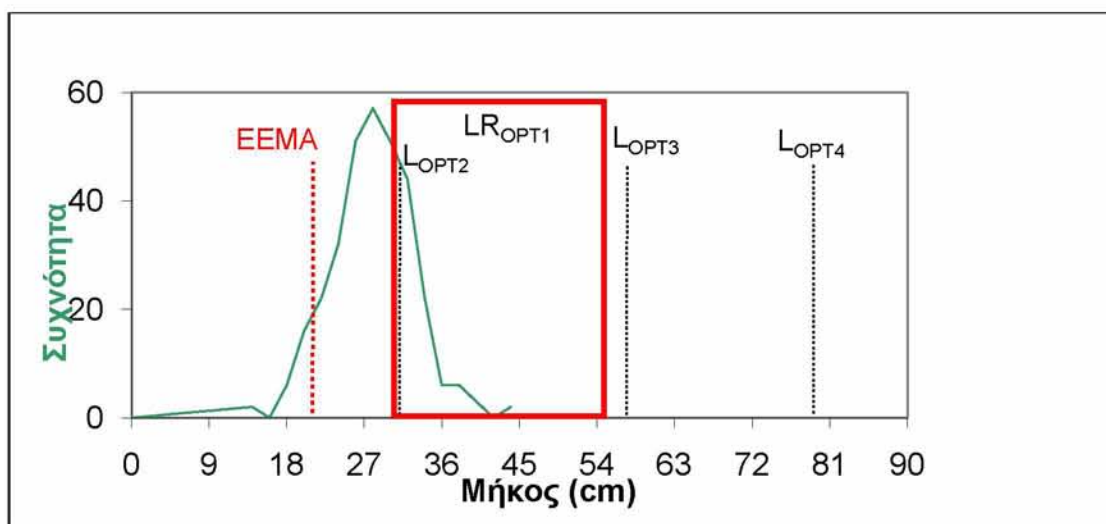
Σχήμα 6. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του γαύρου.

Μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Merluccius merluccius</i>	31-55 cm	31,5 cm	57,9 cm	79,2 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 31 και 55 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 31,5 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 57,9 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 79,2 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 7), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το μπακαλιάρο επιτυγχάνεται στο L_{OPT4} (343 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (31t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 70 t και 194 t αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται πως όλες οι μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA.



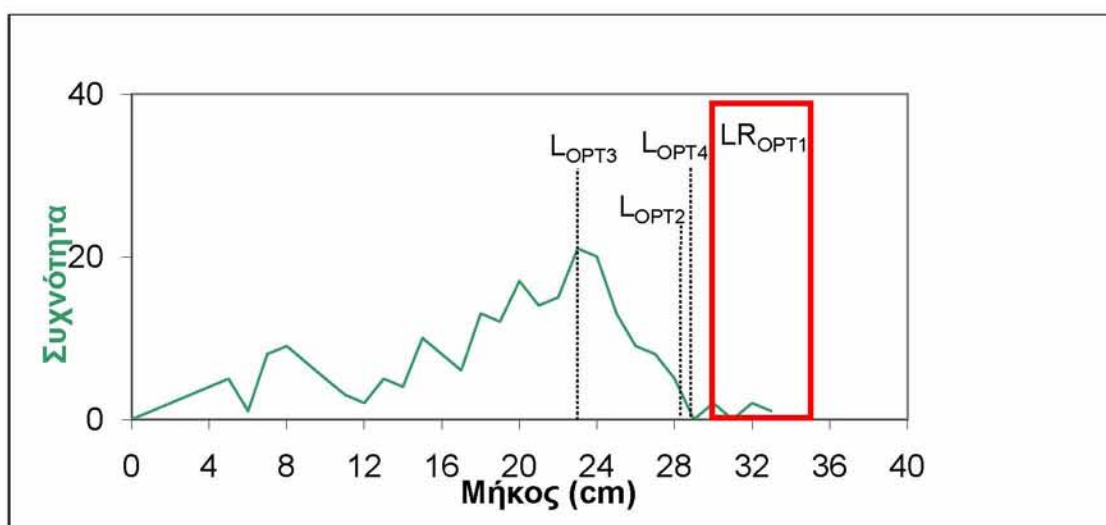
Σχήμα 7. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του μπακαλιάρου.

Χειλονόρι (*Chelon labrosus*)

Είδος	LR _{OPT1}	L _{OPT2}	L _{OPT3}	L _{OPT4}
<i>Chelon labrosus</i>	30-35 cm	28,2 cm	23,2 cm	28,7 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 30 και 35 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 28,2 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 23,2 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 28,7 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 8), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το χειλονόρι επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (10 t) ενώ στο LR_{OPT1}, L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 2 t.



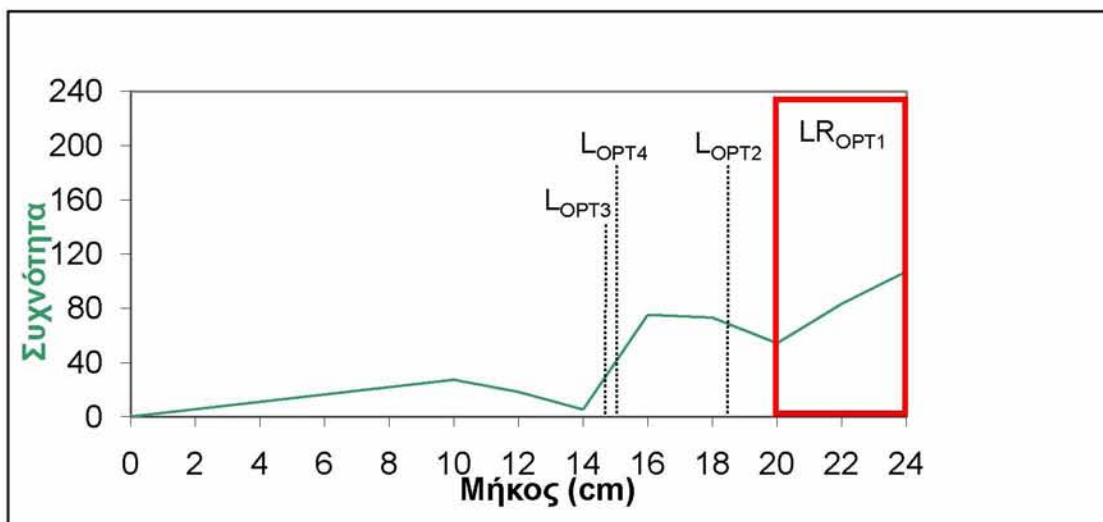
Σχήμα 8. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του χειλοναριού.

Μυξινάρι (*Liza aurata*)

Είδος	$L_{R_{OPT1}}$	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Liza aurata</i>	20-35 cm	18,4 cm	14,6 cm	15,1 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 20 και 35 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 18,4 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 14,6 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 15,1 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 9), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το μυξινάρι επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (41,1 t) ενώ η μικρότερη στο $L_{R_{OPT1}}$ (4 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 30 t και 41 t αντίστοιχα.



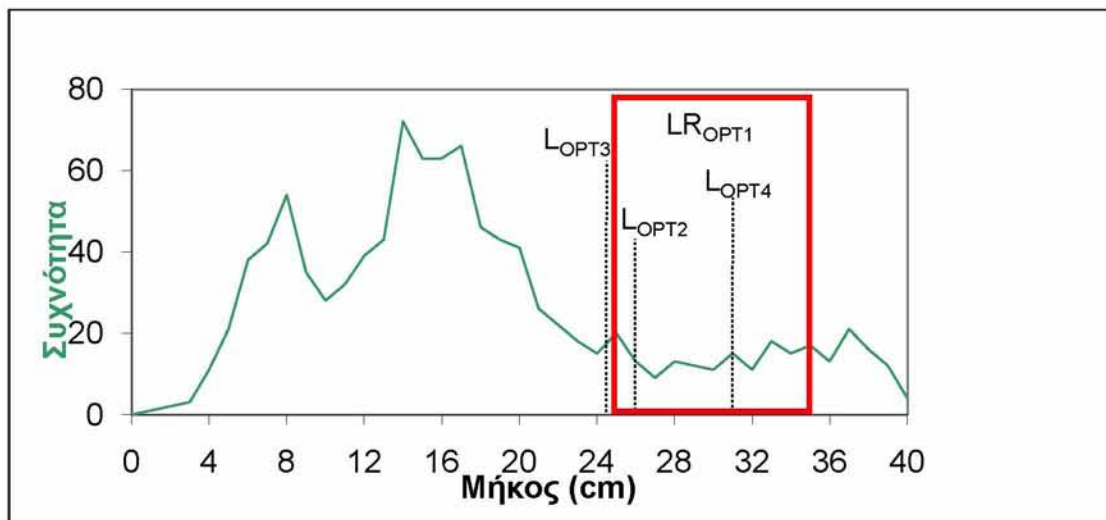
Σχήμα 9. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος ($L_{R_{OPT1}}$) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του μυξιναριού.

Μαυράκι (*Liza ramada*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Liza ramada</i>	25-35 cm	26 cm	24,9 cm	31,1 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 35 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 26 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 24,9 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 31,1 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 10), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το μαυράκι επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (84 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (41 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 82 t και 78 t αντίστοιχα.



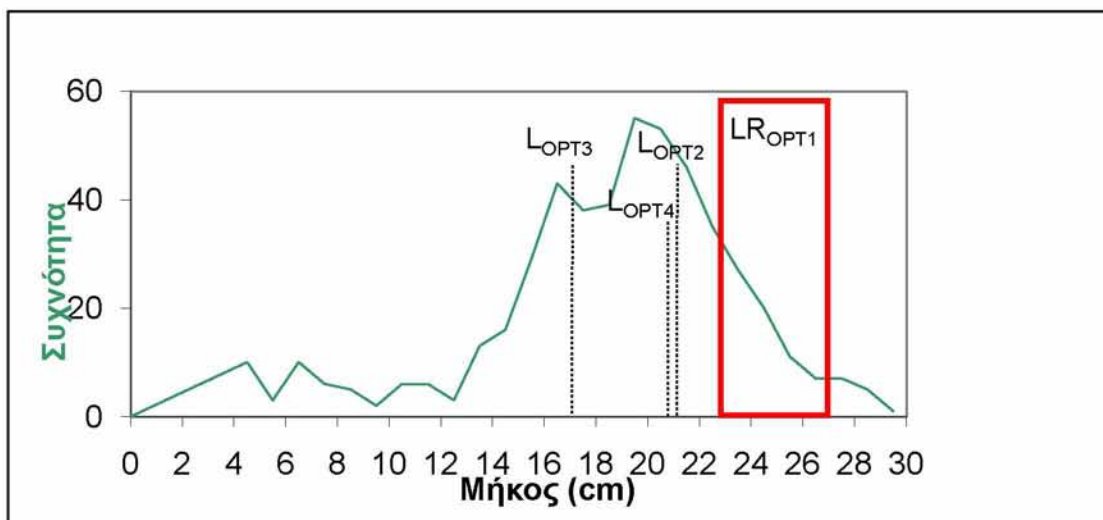
Σχήμα 10. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του μαυρακιού.

Ψωμόνι (*Liza saliens*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Liza saliens</i>	23-27 cm	21,7 cm	17,8 cm	21,1 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους $L-F$ (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 23 και 27 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 21,7 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 17,8 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 21,1 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 11), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το ψωμόνι επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (44 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (11 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 30 t και 34 t αντίστοιχα.



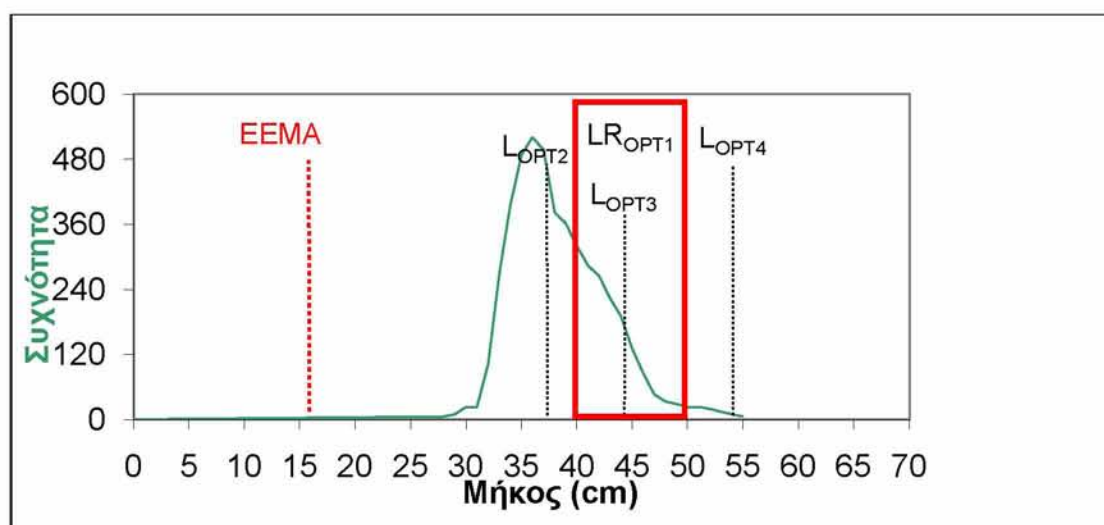
Σχ. 11. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του ψωμωνιού.

Κέφαλος (*Mugil cephalus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Mugil cephalus</i>	40-50 cm	37,6 cm	44,5 cm	55,9 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 37,6 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 44,5 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 55,9 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 12), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τον κέφαλο επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (786 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (0 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 642 t και 188 t αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται πως και οι τέσσερις μέθοδοι υπολογισμού βέλτιστου μήκους αλίευσης δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA.



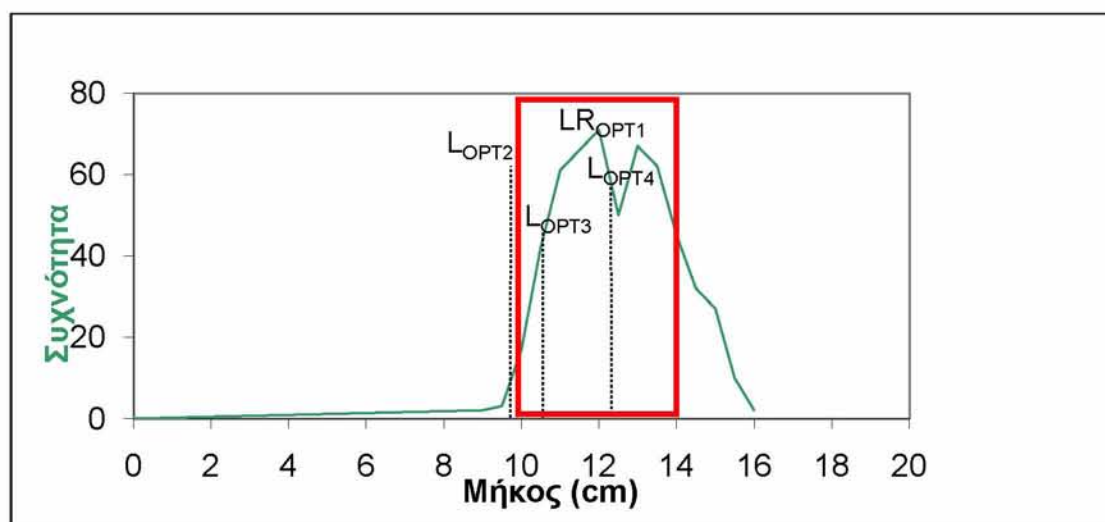
Σχήμα 12. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του κέφαλου.

Τσέρουλα (*Spicara maena*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Spicara maena</i>	10-14 cm	9,9 cm	10,8 cm	12,3 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 14 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 9,9 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 10,8 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 12,3 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 13), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για την τσέρουλα επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (14 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (10 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 12 t και 13 t αντίστοιχα.



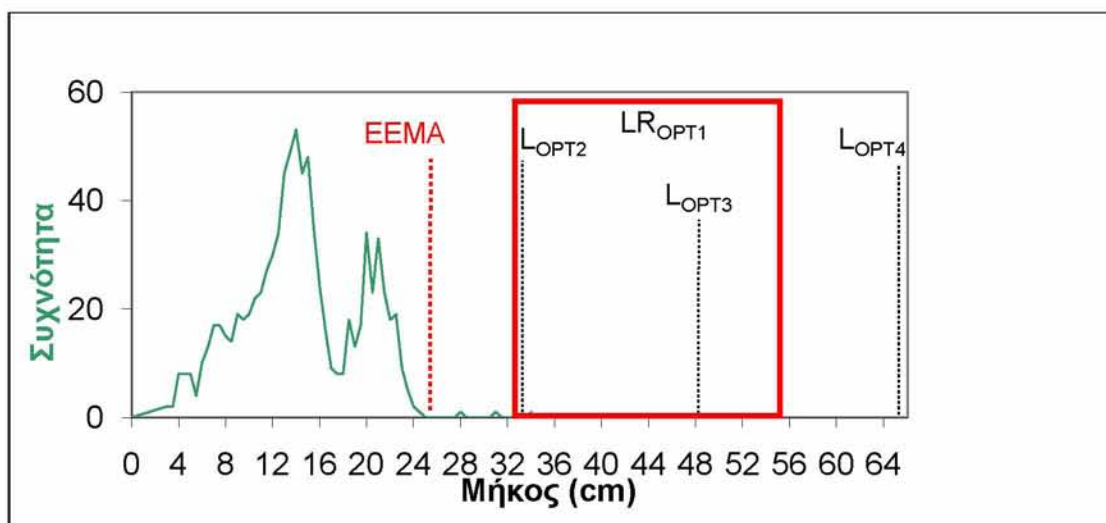
Σχ. 13. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της τσέρουλας.

Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Dicentrarchus labrax</i>	31-50 cm	31,5 cm	48,5 cm	66 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 31 και 50 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 31,5 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 48,5 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 66 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 14), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το λαβράκι επιτυγχάνεται στο LR_{OPT1} (5 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT3} και L_{OPT4} (0 t). Για το L_{OPT2} η βιομάζα αλίευσης είναι 2 t. Επίσης παρατηρείται πως όλες οι μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του ΕΕΜΑ.



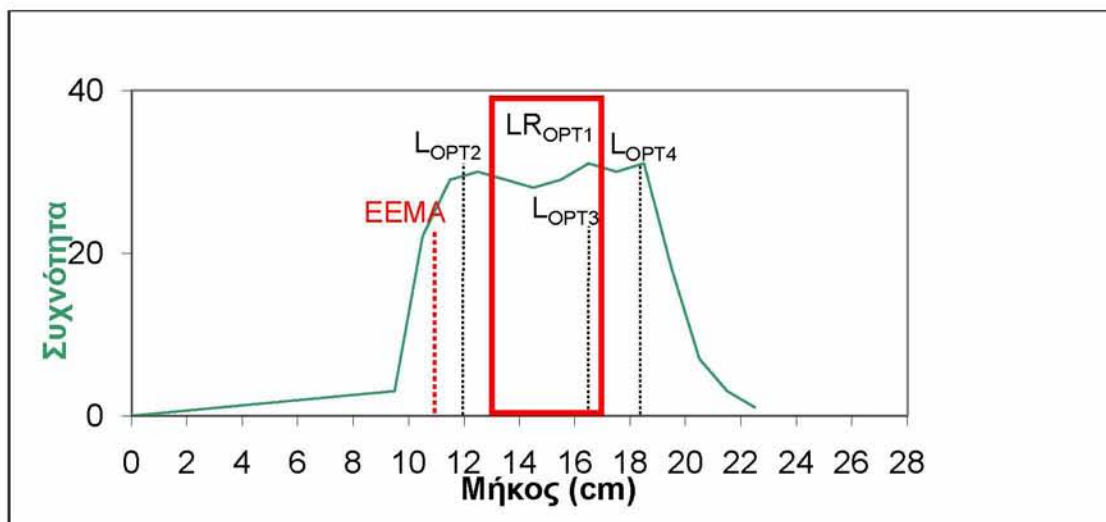
Σχήμα 14. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του λαβρακιού.

Κουτσομούρα (*Mullus barbatus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Mullus barbatus</i>	13-17 cm	12 cm	16,5 cm	18,4 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 13 και 17 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 12 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 16,5 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 18,4 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 15), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για την κουτσομούρα επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (11 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (5 t). Για τα L_{OPT3} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 9 t και 6 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως όλες οι μέθοδοι υπολογισμού βέλτιστου μήκους αλίευσης δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA.



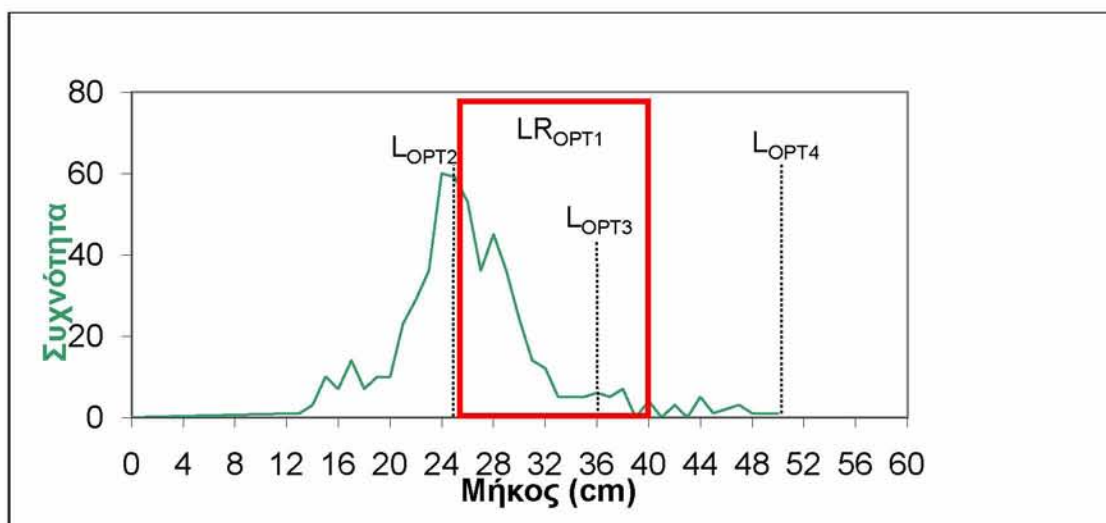
Σχ. 15. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της κουτσομούρας.

Σκιάς (*Sciaena umbra*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Sciaena umbra</i>	25-40 cm	24,9 cm	36,6 cm	50,5 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους $L-F$ (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 40 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 24,9 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 36,6 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 50,5 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 16), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τον σκιά επιτυγχάνεται στο LR_{OPT1} (100 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (0 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 72 t και 17 t αντίστοιχα.



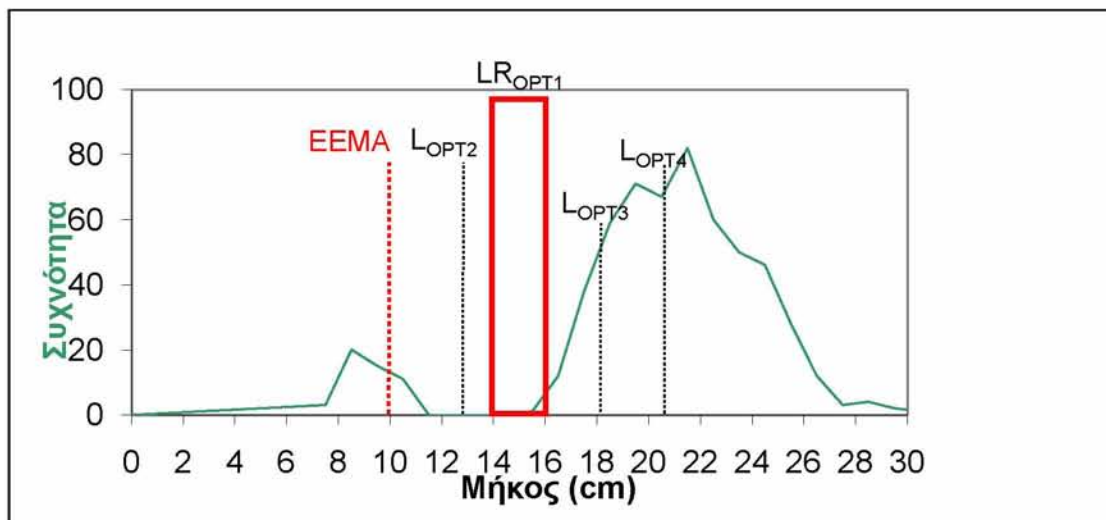
Σχ. 16. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του σκιά.

Γόπα (*Boops boops*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Boops boops</i>	14-16 cm	13,1 cm	18,4 cm	20,8 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 14 και 16 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 13,1 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 18,4 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 20,8 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 17), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τη γόπα επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (56 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (0,03 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 43 t και 48 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως και οι τέσσερις μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA.



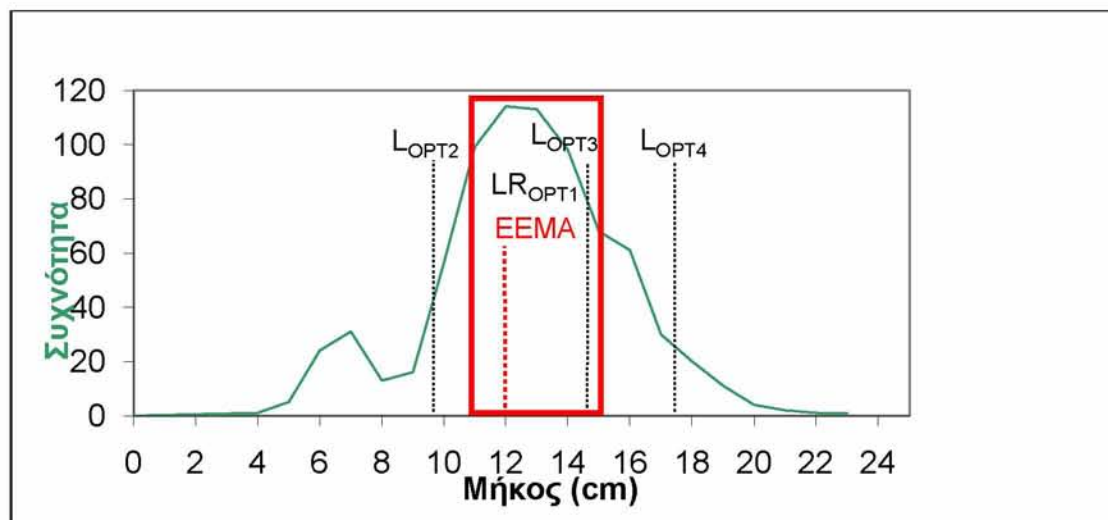
Σχ. 17. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης της γόπας.

Σπάρος (*Diplodus annularis*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Diplodus annularis</i>	11-15 cm	9,9 cm	14,6 cm	17,7 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 11 και 15 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 9,9 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 14,6 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 17,7 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 18), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το σπάρο επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (17 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (4 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 15 t και 11 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως οι μέθοδοι 1, 3 και 4 δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA ενώ η μέθοδος 2 μικρότερο.



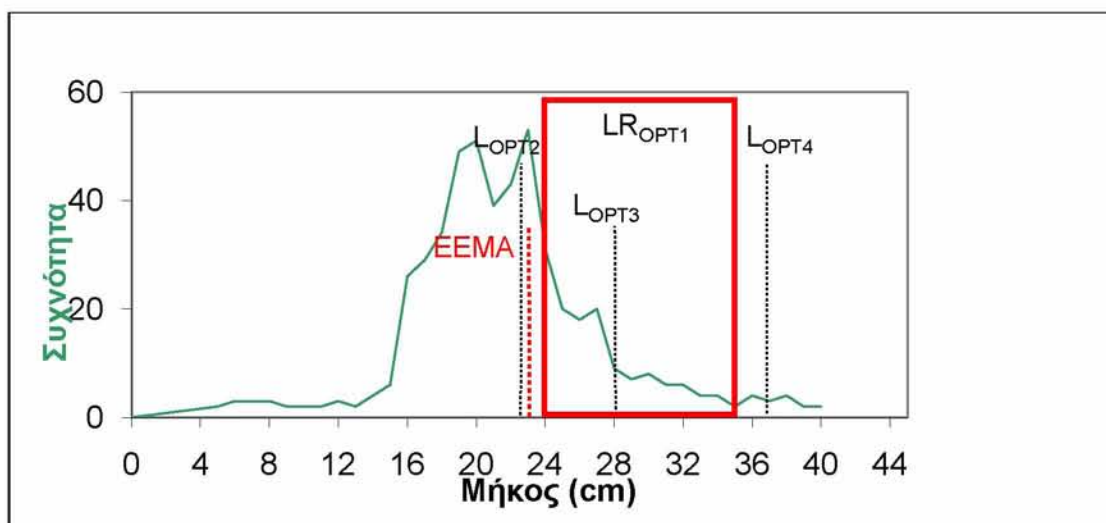
Σχ. 18. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του σπάρου.

Σαργός (*Diplodus sargus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Diplodus sargus</i>	24-35 cm	22,8 cm	28,1 cm	36,9 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 24 και 35 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 22,8 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 28,1 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 36,9 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 19), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για την αθερίνα επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (47 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (9 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 43 t και 21 t αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται πως οι μέθοδοι υπολογισμού βέλτιστου μήκους αλίευσης 1, 3 και 4 δίνουν μήκη μεγαλύτερα του EEMA ενώ η μέθοδος 2 μικρότερο.



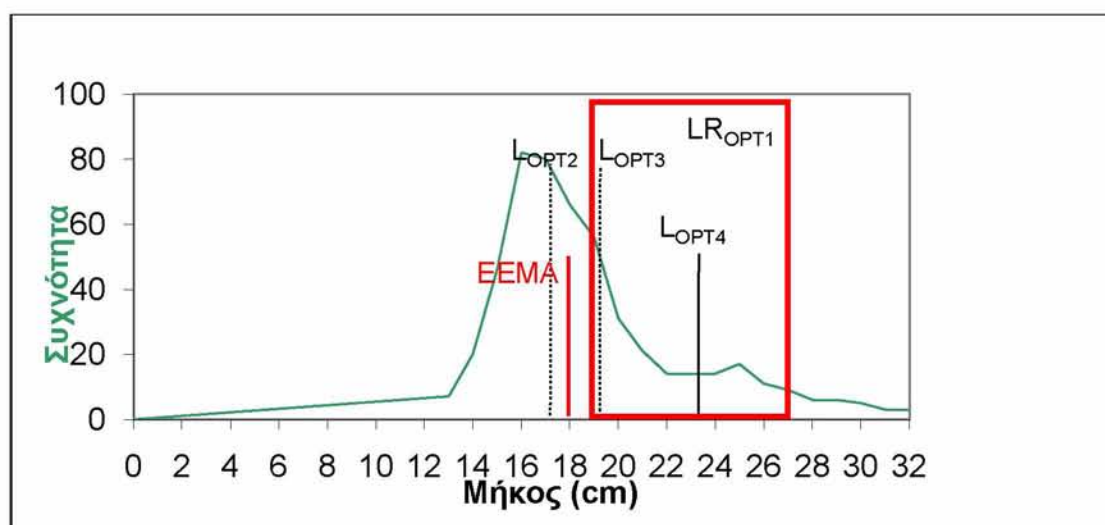
Σχήμα 19. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του σαργού.

Αυλιάς (*Diplodus vulgaris*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Diplodus vulgaris</i>	19-27 cm	17,3 cm	19,7 cm	23,6 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 19 και 27 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 17,3 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 19,7 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 23,6 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 20), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για τον αυλιά επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (41 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (28 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 29 t και 34 t αντίστοιχα. Επίσης παρατηρείται πως οι μέθοδοι 1, 3 και 4 δίνουν βέλτιστα μήκη αλίευσης μεγαλύτερα του EEMA ενώ η μέθοδος 2 μικρότερο.



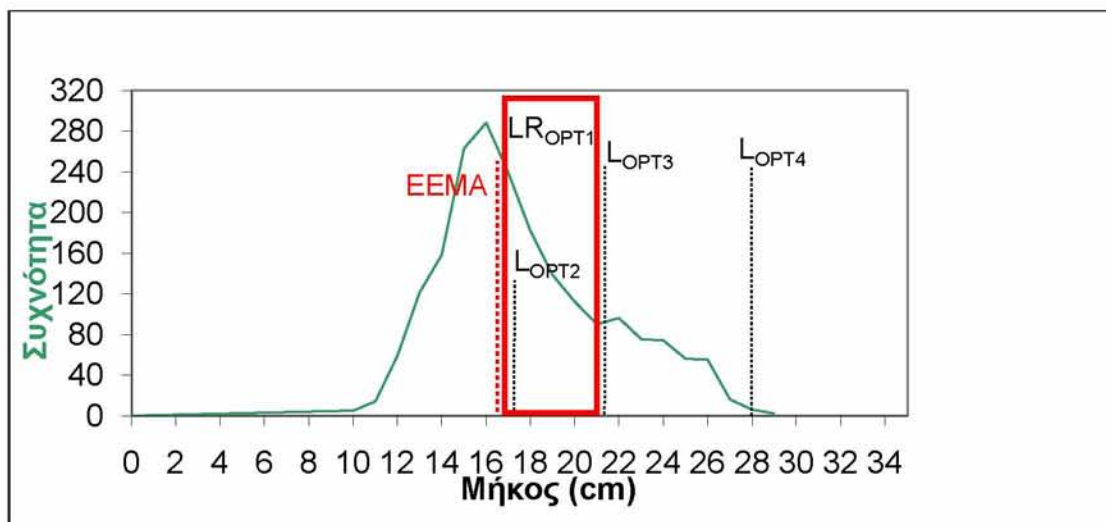
Σχήμα 20. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του αυλιά.

Μουσμούλι (*Pagellus acarne*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Pagellus acarne</i>	17-21 cm	17,3 cm	21,6 cm	28 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 17 και 21 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 17,3 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 21,6 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 28 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 21), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το μουσμούλι επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (71 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (1 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 57 t και 46 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως όλες οι μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του ΕΕΜΑ.



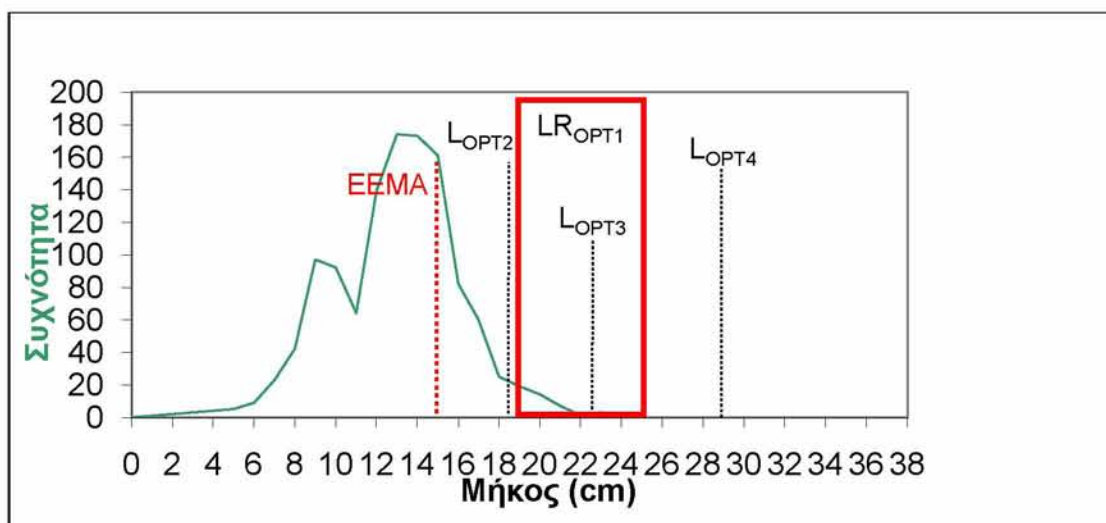
Σχήμα 21. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του μουσμουλιού.

Λυθρίνι (*Pagellus erythrinus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Pagellus erythrinus</i>	19-25 cm	18,4 cm	22,9 cm	29 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 19 και 25 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 18,4 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 22,9 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ και K , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 29 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 22), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το λυθρίνι επιτυγχάνεται στο LR_{OPT1} (7 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (0 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 5 t και 1 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως και οι τέσσερις μέθοδοι δίνουν μήκη μεγαλύτερα του ΕΕΜΑ.



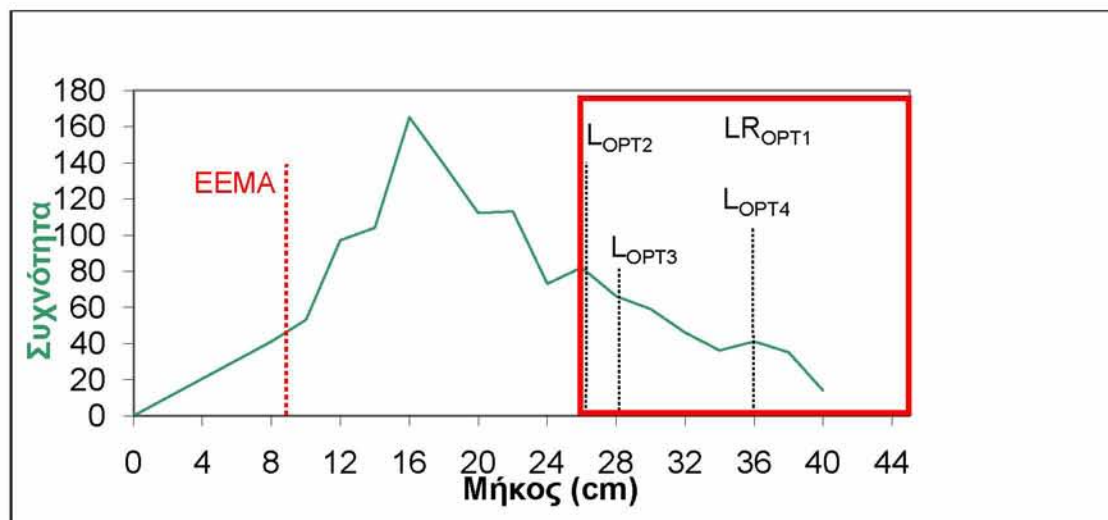
Σχήμα 22. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του λυθρινιού.

Σκαθάρι (*Spondyllosoma cantharus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	26-60 cm	26 cm	28,1 cm	36 cm

Με βάση το L_M και τη σχέση L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 26 και 60 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 26 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 28,1 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4, το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 36 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 23), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το σκαθάρι επιτυγχάνεται στο LR_{OPT1} (204 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (38 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT3} η βιομάζα αλίευσης είναι 111 t και 101 t αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρείται πως όλα τα βέλτιστα μήκη αλίευσης είναι μεγαλύτερα του ΕΕΜΑ για όλες τις μεθόδους υπολογισμού.



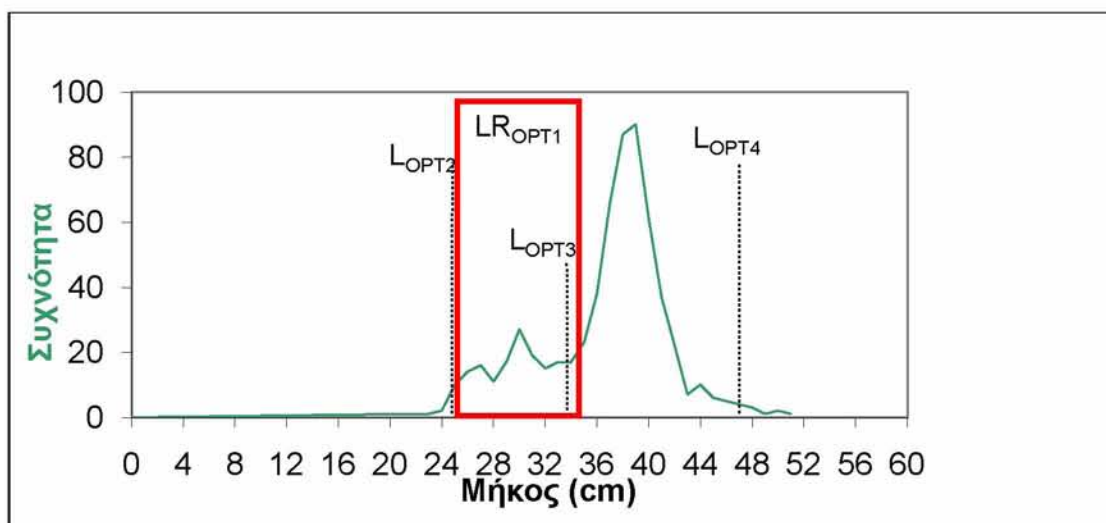
Σχήμα 23. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του σκαθαριού.

Λούτσος (*Sphyraena sphyraena*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Sphyraena sphyraena</i>	25-35 cm	24,9 cm	34,6 cm	47,4 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 35 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 24,9 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 34,6 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 47,4 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 24), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το λούτσο επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (57 t) ενώ η μικρότερη στο L_{OPT4} (2 t). Για τα LR_{OPT1} και L_{OPT2} η βιομάζα αλίευσης είναι 15 t και 47 t αντίστοιχα.



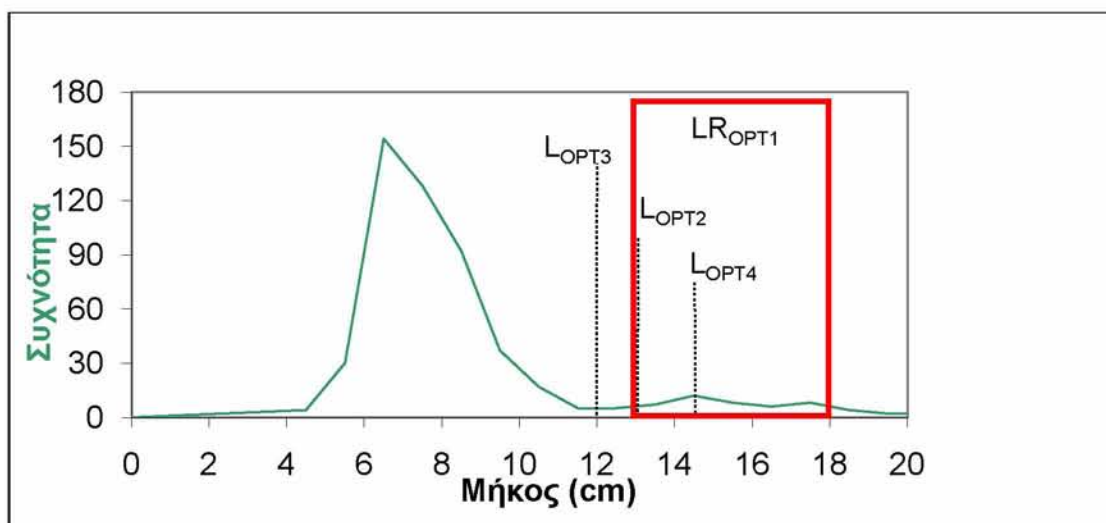
Σχήμα 24. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του λούτσου.

Μαυροσκορπιός (*Scorpaena porcus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Scorpaena porcus</i>	13-18 cm	13,1 cm	12,1 cm	14,5 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 13 και 18 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 13,1 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 12,1 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 14,5 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 25), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για το μαυροσκορπιό επιτυγχάνεται στο L_{OPT2} (6,13 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (4 t). Για τα L_{OPT3} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 6,1 t και 5 t αντίστοιχα.



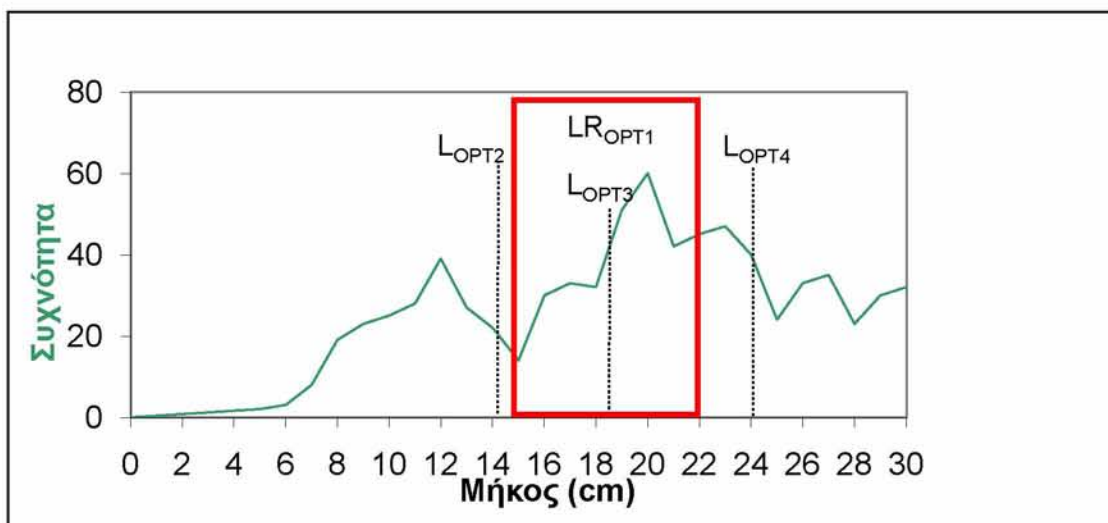
Σχήμα 25. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του μαυροσκορπιού.

Λειψός (*Helicolenus dactylopterus*)

Είδος	LR_{OPT1}	L_{OPT2}	L_{OPT3}	L_{OPT4}
<i>Helicolenus dactylopterus</i>	15-22 cm	14,1 cm	18,4 cm	24,1 cm

Με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M και τη σχέση απόλυτης γονιμότητας-ολικού μήκους L-F (Πιν. 1), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 15 και 22 cm. Σύμφωνα με τη μέθοδο 2 και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης L_M , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 14,1 cm. Λαμβάνοντας υπόψη την κατά μήκος σύνθεση και το ασυμπτωτικό μήκος σώματος L_∞ , το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 18,4 cm. Τέλος, με βάση τη μέθοδο 4 και τη φυσική θνησιμότητα και τις παραμέτρους αύξησης L_∞ (ασυμπτωτικό μήκος) και K (ρυθμός προσέγγισης του ασυμπτωτικού μήκους), το βέλτιστο μήκος αλίευσης πρέπει να είναι 24,1 cm.

Σύμφωνα με το διάγραμμα βιομάζας αλίευσης (Σχ. 26), η μεγαλύτερη βιομάζα αλίευσης για την αθερίνα επιτυγχάνεται στο L_{OPT3} (66 t) ενώ η μικρότερη στο LR_{OPT1} (25 t). Για τα L_{OPT2} και L_{OPT4} η βιομάζα αλίευσης είναι 54 t και 52 t αντίστοιχα.



Σχήμα 26. Διάγραμμα βιομάζας αλίευσης για κάθε βέλτιστο προτεινόμενο εύρος (LR_{OPT1}) και μήκος (L_{OPT2} , L_{OPT3} , L_{OPT4}) αλίευσης του λειψού.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τους πίνακες των αποτελεσμάτων, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως για αρκετά είδη, τα βέλτιστα μήκη αλίευσης που δίνουν την υψηλότερη βιομάζα αλίευσης, δεν συμπίπτουν με το βέλτιστο προτεινόμενο εύρος αλίευσης (LR_{OPT1}), το οποίο καθορίστηκε με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης και τη σχέση μήκους-απόλυτης γονιμότητας για κάθε είδος. Τα είδη αυτά είναι η αθερίνα, η ζαργάνα, η σαρδέλα, η φρίσσα, ο γαύρος, ο μπακαλιάρος, το χειλονάρι, το μυξινάρι, το μαυράκι, το ψωμόνι, η τσέρουλα, η γόπα και ο σπάρος. Για αυτά τα είδη, το βέλτιστο προτεινόμενο μήκος αλίευσης είναι μικρότερο από το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M), εκτός από το μπακαλιάρο και τη γόπα, για τα οποία είναι μεγαλύτερο από το μήκος που συμπίπτει με την απότομη αύξηση της γονιμότητας (L_F).

Λόγω της σημασίας του μεγέθους πρώτης γεννητικής ωρίμανσης και του καθοριστικού ρόλου του σε διαχειριστικούς σκοπούς, κρίνεται αναγκαίο το ελάχιστο μήκος σύλληψης να μην είναι σε καμία περίπτωση κάτω από το συγκεκριμένο μήκος. Έτσι όλοι οι οργανισμοί θα έχουν την ευκαιρία να αναπαραχθούν τουλάχιστον μια φορά πριν αλιευτούν ώστε να διασφαλιστεί με τον ελάχιστο τρόπο η αντικατάστασή τους από τους απογόνους τους (Ni & Sandeman 1984).

Εξίσου σημαντικό είναι και το μήκος που συμπίπτει με την απότομη αύξηση της γονιμότητας. Τα μεγαλόσωμα θηλυκά παράγουν και καλύτερης ποιότητας ωοκύτταρα και με περισσότερες πιθανότητες επιβίωσης (Birkeland & Dayton 2005). Επομένως, το μέγιστο μήκος σύλληψης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει σε καμία περίπτωση το L_F , καθώς η επιλεκτική αφαίρεση μεγαλόσωμων ατόμων από την αλιεία (Sadovy 2001)

έχει σοβαρές συνέπειες στο αναπαραγωγικό δυναμικό των αποθεμάτων (Conover & Munch 2002).

Στα δύο παραπάνω βιολογικά χαρακτηριστικά των ειδών (L_M και L_F) βασίζονται δύο από τα σημαντικότερα διαχειριστικά αλιευτικά μέτρα. Αυτό του ελάχιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης (ΕΚ 1967/2006) και αυτό του μέγιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης, το οποίο όμως δεν εφαρμόζεται στις ελληνικές θάλασσες.

Σε μία πρόσφατη προσπάθεια συνδυασμού των δύο μέτρων για ορισμένα αποθέματα του Ατλαντικού, οι Froese και Pauly (2003) κατέληξαν επίσης στο συμπέρασμα πως το βέλτιστο μέγεθος αλίευσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το L_M αλλά θα πρέπει επίσης να υπολείπεται του μήκους που αντιστοιχεί στην υψηλή παραγωγή ωοκυττάρων.

Για την πλειοψηφία των ειδών της παρούσας εργασίας, το βέλτιστο προτεινόμενο μήκος σύλληψης που αντιστοιχεί στην υψηλότερη βιομάζα αλίευσης, βρισκόταν εντός του LR_{OPT1} . Τα είδη αυτά είναι ο κέφαλος, το λαβράκι, η κουτσομούρα, ο σκιάς, ο σαργός, ο αυλιάς, το μουσμούλι, το λυθρίνι, το σκαθάρι, ο λούτσος, ο μαυροσκορπιός και ο λειψός. Επομένως, αν τα είδη αυτά αλιεύονται στο συγκεκριμένο μήκος, αφενός θα παρατηρείται υψηλότερη βιομάζα αλίευσης, ικανοποιώντας έτσι τις προσδοκίες των ψαράδων, και αφετέρου θα προστατεύεται το αναπαραγωγικό δυναμικό των αποθεμάτων, γεγονός που μακροπρόθεσμα θα είναι και πάλι προς όφελος τους, καθώς με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η πιθανότητα κατάρρευσης ενός αποθέματος λόγω υπερεκμετάλλευσης (Leonart 1999).

Με βάση τον πίνακα 2, παρατηρείται πως το εύρος (LR_{OPT1}) που προτείνεται είναι περιορισμένο για είδη όπως η σαρδέλα (13-16cm), η φρίσσα (18-22cm) και ο

γαύρος (12-15cm) που αλιεύονται κυρίως από γρι-γρι, τα οποία θεωρούνται επιλεκτικά αλιευτικά εργαλεία. Αντίθετα, το LR_{OPTI} είναι διευρυμένο για το μπακαλιάρο (31-55cm), το λαβράκι (31-50cm) και το σκαθάρι (26-60cm), τα οποία όμως αλιεύονται από πληθώρα αλιευτικών εργαλείων συμπεριλαμβανομένων και ελάχιστα επιλεκτικών όπως η τράτα βυθού.

Στον πίνακα 2 των αποτελεσμάτων, παρατηρείται επίσης το ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος αλίευσης (EEMA) για κάθε είδος, όπου αυτό ήταν διαθέσιμο σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κανονισμό αλιείας (ΕΚ 1967/2006) και την ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ 25/Α/1954). Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, το ισχύον EEMA κρίνεται ανεπαρκές να προστατεύσει το αναπαραγωγικό δυναμικό καθώς αφενός δεν είναι διαθέσιμο για αρκετά είδη όπως η αθερίνα, η ζαργάνα, το χειλονάρι, το μυξινάρι, το μαυράκι, το ψωμόνι, η τσέρουλα, ο σκιάς, ο λούτσος, ο μαυροσκορπιός και ο λειψός, και αφετέρου επιτρέπει την αλίευση όλων των ειδών (εκτός του σπάρου, του σαργού και του αυλιά) νωρίτερα από το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης. Οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ L_M και EEMA παρατηρούνται για το μπακαλιάρο ($L_M=30\text{cm}$, EEMA=20cm), τον κέφαλο ($L_M=35,4\text{cm}$, EEMA=16cm), το λαβράκι ($L_M=30\text{cm}$, EEMA=25cm) και το σκαθάρι ($L_M=25\text{cm}$, EEMA=8,7cm).

Προς επίρρωση της παρούσας εργασίας, οι Stergiou et al. (2009) κατέληξαν επίσης στο συμπέρασμα πως το ισχύον EEMA είναι ανεπαρκές για την βιώσιμη διαχείριση των αλιευτικών αποθεμάτων, καθώς για 13 εμπορεύσιμα είδη του Ιονίου μεγάλο μέρος των συλλήψεων αποτελούνταν από μήκη μικρότερα του EEMA, και ακόμα μεγαλύτερο μέρος αυτών, από μήκη μικρότερα του L_M . Επομένως, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη επαναπροσδιορισμού του EEMA, ώστε τα αποθέματα να μπορούν να αναπαραχθούν τουλάχιστον μια φορά πριν αλιευτούν.

Σε αντίθεση με τους άνωθεν ισχυρισμούς οι Machias et al. (2004), κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το EEMA αποτελεί ικανοποιητικό τεχνικό μέτρο για την αλιεία της Μεσογείου. Συγκεκριμένα, μετά από δειγματοληψίες στο Ιόνιο και στο Αιγαίο πέλαγος, συμπέραναν ότι τα μήκη πρώτης γεννητικής ωρίμανσης για είδη με μεγάλη εμπορική αξία (κουτσομούρα, μπακαλιάρος), ήταν μικρότερα από τα αντίστοιχα EEMA. Παρόλα αυτά, πιστεύουν πως μόνο ο συνδυασμός του EEMA με χωρικές και χρονικές απαγορεύσεις θα καταστήσουν το μέτρο αυτό αποτελεσματικό, λόγω των πολυάριθμων μεγεθών εκφορτώσεων, γεγονός που δυσκολεύει ιδιαίτερα την παρακολούθηση των εκφορτώσεων από τις αρχές.

Αν και το διαχειριστικό μέτρο του EEMA για την αλιεία της Μεσογείου δεν είναι καινούργιο και μάλιστα έχει πρόσφατα επικαιροποιηθεί, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως τα μέτρα που αφορούν το EEMA είναι δύσκολο να ελεγχθούν όταν πρόκειται για αλιείες μικρής κλίμακας, και ειδικά όταν οι εκφορτώσεις γίνονται σε πληθώρα λιμανιών, γεγονός που συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα. Αξιοσημείωτο αναφοράς χρήζει επίσης το γεγονός πως από τον μεγάλο αριθμό ειδών που αλιεύονται καθημερινά στη Μεσόγειο, τα EEMA ορίζονται μόνο για ένα πολύ μικρό αριθμό ειδών (20 τον αριθμό). Αυτό αποδεικνύει την έλλειψη εργασιών για τη βιολογική συμπεριφορά πληθυσμών της Μεσογείου, γεγονός που οδηγεί πολλές φορές στο να βασίζονται τα EEMA σε πληροφορίες από εργασίες για πληθυσμούς του Ατλαντικού (Tzanatos et al. 2008).

Τα βέλτιστα μήκη αλίευσης που προτείνονται στην παρούσα εργασία θεωρείται ότι θα επιτρέπουν στα άτομα των ειδών αυτών να αναπαραχθούν τουλάχιστο μια φορά στη ζωή τους πριν αλιευθούν και ταυτόχρονα θα αφήνει ανενόχλητα τα μεγάλα θηλυκά που παράγουν ωοκύτταρα με υψηλότερες πιθανότητες επιβίωσης (Sadovy 2001). Έτσι,

κρίνεται ότι με την ταυτόχρονη εφαρμογή του ελάχιστου (ήδη εφαρμόζεται) και του μέγιστου μεγέθους αλίευσης θα προστατευθεί το αναπαραγωγικό δυναμικό των αποθεμάτων (Birkeland & Dayton 2005). Για να γίνει αυτό πρέπει πρώτα να συλλεχθούν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για τις αναπαραγωγικές στρατηγικές των μεσογειακών αποθεμάτων και να διερευνηθεί η επίδραση της αλιείας σε αυτές.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα προτεινόμενα ελάχιστα (EEMA^{*}) και μέγιστα (MEMA) επιτρεπόμενα μεγέθη αλίευσης, όπως αυτά προτείνονται στην παρούσα εργασία με βάση το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης (L_M) και το μήκος που συμπίπτει με την απότομη αύξηση της γονιμότητας ανά είδος. Επίσης παρουσιάζονται και τα ισχύοντα ελάχιστα επιτρεπόμενα μεγέθη αλίευσης (EEMA).

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικός πίνακας προτεινόμενων ελάχιστων (EEMA^{*}) και μέγιστων (MEMA) μηκών αλίευσης ανά είδος.

ΑΑ	Είδη	L_M	EEMA	EEMA [*]	L_F	MEMA
1	<i>A. boyeri</i>	6,5	-	8,0	9,0	9,0
2	<i>B. belone</i>	40,0	-	41,0	50,0	50,0
3	<i>S. pilchardus</i>	12,0	11,0	13,0	16,0	16,0
4	<i>S. aurita</i>	16,2	10,0	18,0	22,0	22,0
5	<i>E. encrasicolus</i>	11,0	9,0	12,0	15,0	15,0
6	<i>M. merluccius</i>	30,0	20,0	31,0	55,0	55,0
7	<i>C. labrosus</i>	27,0	-	30,0	35,0	35,0
8	<i>L. aurata</i>	18,0	-	20,0	35,0	35,0
9	<i>L. ramada</i>	25,0	-	27,0	35,0	35,0
10	<i>L. saliens</i>	21,0	-	23,0	27,0	27,0
11	<i>M. cephalus</i>	35,4	16,0	40,0	50,0	50,0
12	<i>S. maena</i>	10,0	-	12,0	14,0	14,0
13	<i>D. labrax</i>	30,0	25,0	31,0	50,0	50,0
14	<i>M. barbatus</i>	12,0	11,0	13,0	17,0	17,0
15	<i>S. umbra</i>	24,0	-	25,0	40,0	40,0
16	<i>B. boops</i>	13,0	10,0	14,0	16,0	16,0
17	<i>D. annularis</i>	10,0	12,0	12,0	15,0	15,0
18	<i>D. sargus</i>	22,0	23,0	24,0	35,0	35,0
19	<i>D. vulgaris</i>	17,0	18,0	19,0	27,0	27,0
20	<i>P. acarne</i>	17,0	17,0	18,0	21,0	21,0
21	<i>P. erythrinus</i>	18,0	15,0	19,0	25,0	25,0
22	<i>S. cantharus</i>	25,0	8,7	26,0	63,0	63,0

Πίνακας 4. συνέχεια

23	<i>S. sphyraena</i>	24,0	-	25,0	35,0	35,0
24	<i>S. porcus</i>	13,0	-	14,0	18,0	18,0
25	<i>H. dactylopterus</i>	14,0	-	15,0	22,0	22,0

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, κρίνεται συμπερασματικά πως το ισχύον ΕΕΜΑ είναι ανεπαρκές για να προστατεύσει το αναπαραγωγικό δυναμικό των αποθεμάτων, καθώς σχεδόν για όλα τα είδη για τα οποία υπήρχε η σχετική πληροφορία, το μήκος αυτό ήταν μικρότερο από το L_M . Τα μόνα είδη για τα οποία το ΕΕΜΑ ήταν μεγαλύτερο από το L_M ήταν ο σπάρος, ο σαργός και ο αυλιάς.

Επομένως, ο επαναπροσδιορισμός των τιμών του ΕΕΜΑ θα καταστήσει το σημαντικότερο διαχειριστικό μέτρο του ευρωπαϊκού κανονισμού αλιείας αξιόπιστο, αφού θα επιτρέπει στην πραγματικότητα στους οργανισμούς να αναπαράγονται τουλάχιστον μία φορά πριν αλιευτούν, συμβάλλοντας έτσι εμπράκτως στην προστασία του αναπαραγωγικού δυναμικού καθώς θα αποτρέπει φαινόμενα αυξητικής υπεραλίευσης.

Εκτός όμως από το μέτρο του ελάχιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης, ήρθε η στιγμή της εφαρμογής και του μέγιστου επιτρεπόμενου μεγέθους εκφόρτωσης για τις ελληνικές θάλασσες. Η σύλληψη μεγαλόσωμων ατόμων ψαριών είναι εξίσου επιζήμια με τη σύλληψη μικρόσωμων και αυτό γιατί τα μεγαλύτερα θηλυκά, εκτός από περισσότερα, παράγουν μεγαλύτερα και καλύτερης ποιότητας ωοκύτταρα με υψηλότερες πιθανότητες επιβίωσης. Επομένως, με την σωστή εφαρμογή του μέτρου αυτού, φαινόμενα νεοσυλλεκτικής υπεραλίευσης θα εκλείψουν.

Εν κατακλείδι, η παρούσα εργασία συμπερασματικά κρίνει ότι η ταυτόχρονη εφαρμογή του ελάχιστου (που ήδη εφαρμόζεται) και του μέγιστου μεγέθους αλίευσης θα προστατεύει πλήρως το αναπαραγωγικό δυναμικό των αποθεμάτων. Για να γίνει

αυτό πρέπει πρώτα να συλλεχθούν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για τις αναπαραγωγικές στρατηγικές των μεσογειακών αποθεμάτων και να διερευνηθεί η επίδραση της αλιείας σε αυτές.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1. Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Ντινούλη Α., Τσίκληρας Α. (2010) Πρότυπα εκμετάλλευσης των αποθεμάτων στις αλιευτικές υποπεριοχές της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας. Πρακτικά 14^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, σελ. 39-42.
- Στεργίου Κ.Ι., Καραχλέ Π., Τσίκληρας Α., Μαμαλάκης Η. (2011) Κραυγή Ιχθύος. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, pp. 358.
- Τσίκληρας Α., Στεργίου Κ.Ι. (2007) Θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές. Πρακτικά 13^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, σελ. 15-18.
- Τσίρος Β.Ζ., Παπαδαμάκης Π., Τσίκληρας Α. (2010) Εκτίμηση της αλιευτικής κατάστασης των ελληνικών αποθεμάτων. Πρακτικά 14^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, σελ. 11-14.

6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Allam S.M., Faltas S.N., Ragheb E. (2004) Age and growth of barracudas in the Egyptian Mediterranean waters. Egyptian Journal of Aquatic Research, 30(B):281-289.
- Allison G.W., Lubchenco J., Carr M.H. (1998) Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation. Ecological Applications, 8:79-92.

- Alpslan M., Tekinay A.A., Cinar Y. (2007) Some growth parameters of scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linneaus, 1758) in dardanelles. EU J. Fish. Aquat., 24:219-223.
- Azov Y. (1991) Eastern Mediterranean - a marine desert? Marine Pollution Bulletin, 23:225-232.
- Becacos-Kontos T. (1977) Primary production and environmental factors in an oligotrophic biome in the Aegean Sea. Marine Biology, 42:93-98.
- Bertrand J.A. (2003) Fisheries and related indicators of fisheries resources and ecosystems: towards an application in the Mediterranean. Proceedings of the 7th Hellenic Symposium in Oceanography and Fisheries, Crete, pp. 5-10.
- Beverton R.J.H., Holt S.J. (1957) On the dynamics of exploited fish populations. UK MAFF, Fisheries Investigations (Ser. 2), 19:1-533.
- Beverton, R. J. H. (1992) Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. Journal of Fish Biology 41(B):137-160.
- Bhattacharya C.G. (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 23:115-135.
- Binohlan C., Froese R., (2009) Empirical equations for estimating maximum length from length at first maturity. Journal of Applied Ichthyology, 25:611-613.
- Birkeland C., Dayton P.K. (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. Trends Ecol Evol, 20:356-358.

- Branch T.A., Watson R., Fulton E.A., Jennings S., McGilliard C.R., Pablico G.T., Ricard D., Tracey S.R. (2010) The trophic fingerprint of marine fisheries. *Nature*, 468:431-435.
- Browman H.I., Stergiou K.I. (2004a) Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources, *Marine Ecology Progress Series*, 274:269-303.
- Cardinale M., Svedang H. (2004) Modelling recruitment and abundance of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the eastern Skagerrak-Kattegat (North Sea): evidence of severe depletion due to a prolonged period of high fishing pressure. *Fisheries Research*, 69:263-282.
- CIESM (2000) Fishing down the Mediterranean food webs? CIESM, Workshop Series, No. 12, pp. 99.
- Cochrane K.L. (1999) Complexity in fisheries and limitations in the increasing complexity of fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 56:917-926.
- Conover D.O., Munch S.B. (2002) Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. *Science*, 297:94-96.
- Consoli P., Battaglia P., Castriota L., Esposito V., Romeo T., Andaloro F. (2010) Age, growth and feeding habits of the bluemouth rockfish, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche 1809) in the cenral Mediterranean (southern Tyrrhenian Sea). *Journal of Applied Ichthyology*, 26:583-591.
- Cook R.M. (2000) A rough guide to population change in exploited fish stocks. *Ecol. Lett.*, 3:394-398.

- Crowder L., Murawski S. (1998) Fisheries bycatch: implications for management. *Fisheries*, 23:8-16.
- Diamond S., Crowder L., Cowell L. (1999) Catch and bycatch: the qualitative effects of fisheries on population vital rates of Atlantic croaker. *Translation, Am. Fish. Soc.*, 128:1085-1105.
- Dulcic J., Skakelja N., Kraljevic M., Centinic P. (1998) On the fecundity of the Black Sea bream *Spondyliosoma cantharus* (L.), from the Adriatic Sea (Croatian coast). *Scientia Marina*, 62:289-294.
- El Ouamari N., Melhaoui M., Idrissi M.H. (2011) Etude de la croissance de *Pagellus acarne*: le cas de la cote Meditteraneenne marocaine. *Journal Science Hal. Aquat.*, 4:110-119.
- FAO (1995) Guidelines on the Precautionary Approach to capture fisheries and species introduction. *FAO Fisheries Technical Paper*, 350(1):1-47.
- FAO (2003) GFCM Report 28. Report of the 28th session, FAO, Rome. p 14-17.
- Fogarty M.J., Sissenwine M.P., Cohen E.B. (1991) Recruitment variability and the dynamics of exploited marine populations. *Trends Ecol. Evol.*, 6:241-246.
- Froese R., Binohlan C. (2000) Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*, 56:758-773.
- Froese R., Pauly D. (2003) Dynamik der Überfischung. In: Lozan J, Rchor E, Reise K, Sundermann J, von Westernhagen H.S. (eds) *Warnsignaleau*

- Nordsee und Wattenmeer-eine aktuelle Umweltsbilanz. GEO, Hamburg, p 288-295.
- Fromentin G.M., Myers R.A., Bjørnstad O.N., Stenseth N.C., Gjøsæter J., Christie H. (2001) Effects of density-dependent and stochastic processes on the regulation of cod populations. *Ecology*, 82:567-579.
- Garstang W. (1900) The impoverishment of the sea. *Journal of the Marine Biological Society of the United Kingdom*, 4:1-69.
- Gayanilo F.C. Jr., Pauly D. (1997) FAO-ICLARM stock assessment tools (FiSAT). Reference manual. FAO Computer Information Series (Fisheries), 8:1-262.
- Gordoa A., Moli B. (1997) Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 33:1-3.
- Grainger R.J.R. (1999) Global trends in fisheries and aquaculture, p 21-25. In: National Ocean Service, NOAA, Centre for the Study of Marine Policy at the University of Delaware, The Ocean Governance Group. 1999. Trends and Future Challenges for US National Ocean and Coastal Policy: Workshop Materials. Washington, D.C.
- Guenette S., Lauck T., Clark C. (1998) Marine reserves: from Beverton and Holt to the present. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 8:251-272.
- Halpern B.S., Warner R.R. (2002) Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecology Letters*, 5:361-366.

- Hilborn R., Stokes K., Maguire J.J., Smith T., Botsford L.W., Mangel M., Orensanz J., Parma A., Rice J., Bell J., Cochrane K.L., Garcia S., Hall S.J., Kirkwood G.P., Sainsbury K., Stefansson G., Walters C. (2004) When can marine reserves improve fisheries management? *Ocean Coastal Management*, 47(3-4):197-205.
- Hilborn R., Walters C.J. (1992) Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, p 570.
- Holt, S. J. (1958) The evaluation of fisheries resources by the dynamic analysis of stocks, and notes on the time factors involved. ICNAF Special Publication 1:77-95.
- Ignatiades L. (1992) A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. *Marine Pollution Bulletin*, 24:238-243.
- Ignatiades L. (1998) The productive and optical status of the oligotrophic waters of Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 20:985-995.
- Ilkayaz A.T., Firat K., Saka S., Kinacigil H.T. (2006) Age, Growth, and Sex Ratio of Golden Grey Mullet, *Liza aurata* (Risso. 1810) in Homa lagoon (Izmir Bay. Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology* 30:279-284.
- Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J.A., Hughes T.P., Kidwell S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J., Warner R.R. (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293:629-638.

- Jonzén N., Lundberg P., Ranta E., Kaitala V. (2002a) The irreducible uncertainty of the demography-environment interaction in ecology. *Proc. R. Soc. London Ser. B*, 269:221-225.
- Kallianiotis A.A. (1992) Biology and population structure of bogue [*Boops boops* (L.)] populations in the marine area of Crete. Doctorate dissertation, University of Crete, Greece.
- Kara M.H., Chaoui L. (1998) Croissance du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) dans la lagune du Mellah (Algerie). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 35:550-551.
- Koc H.T., Cakir D., Aka Z. (2002) Age, Growth, Sex-ratio, Spawning Season and Mortality of Annular Bream, *Diplodus annularis* Linnaeus (1758) (Pisces:Sparidae) in Edremit Gulf (Aegean Sea). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5:1126-1130.
- Koutrakis E.T., Kamidis N.I., Leonardos I.D. (2004) Age, growth and mortality of a semi-isolated lagoon population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces, Atherinidae) in an estuarine system of northern Greece. *Journal of Applied Ichthyology*, 20:382-388.
- Koutrakis E.T., Sinis A.I. (1994) Growth analysis of grey mullets (Pisces, Mugilidae) as related to age and site. *Israel Journal of Zoology*, 40:37-53.
- La Mesa M., Colella S., Giannetti G., Arneri E. (2008) Age and growth of brown meagre *Sciaena umbra* (Sciaenidae) in the Adriatic Sea. *Aquat. Living Resour.*, 21:153-161.
- Lleonart J. (1999) Precautionary approach and Mediterranean fisheries. *CIESM Workshop Series*, 7:1-13.

- Mace P. (2001) A new role for MSY in single species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries*, 2:2-32.
- Machias A., Maiorano P., Vassilopoulou V., Papaconstantinou C., Tursi A., Tsimenides N. (2004) Sizes of discarded commercial species in the eastern-central Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 66:213-222.
- Maravelias C.D., Haralabous J., Tserpes G. (2007) Precautionary Approach and Reference Points in Hellenic Fisheries Management. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens, p 317-319.
- Myers R.A., Bowen K.G., Barrowman N.J. (1999) Maximum reproductive rate of fish at low population sizes. *CJFAS*, 56(12):2404-2419.
- Mytilineou C., Papaconstantinou C. (1991) Age and growth of *Spicara flexuosa* (Rafinesque, 1810) (Pisces, Centrarchidae) in the Patraikos Gulf (Greece). *Scientia Marina*, 55(3):483-490.
- Najmudeen T.N., Stathiadhas R. (2008) Economic impact of juvenile fishing in a tropical multi-gear multi-species fishery. *Fisheries Research*, 92:322-332.
- Ni I.-H., Sandeman E.J. (1984) Size at maturity for northwest Atlantic Redfishes (Sebastes). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41:1753-1762.
- Olsen E.M., Heino M., Lilly G.R., Morgan M.J., Brattey J., Ernande B., Dieckmann U. (2004) Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, 428:932-935.

- Ozbilgin H., Tosunoglu Z., Bilecenoglu M., Tokac A. (2004) Population parameters of *Mullus barbatus* in Izmir Bay (Aegean Sea), using length frequency analysis. *Journal of Applied Ichthyology*, 20:231-233.
- Papaconstantinou C., Stergiou K.I. (1995) Biology and fisheries of eastern Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). p. 149-180. In Alheit J., Pitcher T.J. (eds) *Hake: Biology, fisheries and markets*. Chapman & Hall, London, p 149-180.
- Pauly D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal de Conseil Internationale pour l' Exploration de la Mer*, 39:175-192.
- Pauly D. (1997) Putting fisheries management back in places. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7:125-127.
- Pauly D. (2007) Obituary of Ransom Aldrich Myers. *Chronicler of declining fish populations*. *Nature*, 447:160.
- Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R., Torres Jr. F. (1998) Fishing down marine food webs. *Science*, 279:860-863.
- Pauly D., Christensen V., Guenette S., Pitcher T.J., Sumaila U.R., Walters C.J., Watson R., Zeller D. (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418:689-695.
- Psarra S. Tselepides A., Ignatiades L. (2000) Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. *Progress in Oceanography*, 46:187-204.

- Roberts C.M., Bohnsack J.A., Gell F., Hawkins J.P., Goodridge R. (2001) Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science*, 294:1920-1923.
- Roberts C.M., Hawkins J.P., Gelly F.R. (2005) The role of marine reserves in achieving sustainable fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360:123-132.
- Russ G., Alcala A. (2004) Marine reserves: long-term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia*, 138:622-627.
- Sadovy Y. (2001) The threat of fishing to highly fecund fishes. *Journal of Fish Biology*, 59(A):90-180.
- Sainsbury K. (1998) Living marine resources assessment for the 21st century: what will be needed and how will be it provided? In: *Fishery Stock Assessment Models Alaska Sea Grant College Program Report No. AK-SG-98-01*, University of Alaska Fairbanks, pp. 1-40.
- Sakellariou D., Alexandri M. (2007) Geomorphology of the Hellenic sea-floor. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens, 17-23.
- Sissenwine M.P., Shepherd J.G. (1987) An alternative Perspective on recruitment overfishing and biological reference points. *CJFAS*, 44:913-918.
- Sivasubramaniam K. (1990) Biological aspects of shrimp bycatch. *BOPB News*, 40:7-10.

- Smith M.D., Zhang J., Coleman F.C. (2006) Effectiveness of marine reserves for large-scale fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63:153-164.
- Somarakis S., Machias A. (2002) Age, growth and bathymetric distribution of red pandora (*Pagellus erythrinus*) on the Cretan shelf (eastern Mediterranean). *Journal of Marine Biological Association of the UK*, 82:149-160.
- Souvermezoglou E., Krasakopoulou E., Pavlidou A. (1999) Temporal variability in oxygen and nutrients concentrations in the southern Aegean Sea and the straits of the Cretan Arc. *Progress in Oceanography*, 44:573-600.
- Stergiou K.I., Karachle P.K. (2006) A review of various biological parameters for fish from Greek Seas. *Journal of Biological Research*, 6:199-211.
- Stergiou K.I., Moutopoulos D.K., Armenis G. (2009) Perish legally and ecologically: the ineffectiveness of the minimum landing sizes in the Mediterranean Sea. *Fisheries Management and Ecology*, 16:368-375.
- Stergiou K.I., Moutopoulos D.K., Tsikliras A.C. (2007) Spatial and temporal variability in Hellenic marine fisheries landings. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens, p 141-150.
- Stergiou K.I., Tsikliras A.C., Apostolidis A. (2005) Fishes in web, www.fishbase.gr.
- Sujatha K. (1996) Trash fish catch of the trawl fishery off the Visakhapatnam. *Journal of Aquatic Biology*, 11:17-23.

- Sumaila U.R., Khan A., Watson R., Munro G., Zeller D., Baron N., Pauly D. (2007) The World Trade Organization and global fisheries sustainability. *Fisheries Research*, 88:1-4.
- Tserpes G. (2007) Management Tools/Strategies. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens p 297.
- Tserpes G., Maravelias C. (2007) Single-Multispecies Management. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens, p 315-316.
- Tsikliras A.C., Antonopoulou E. (2006) Reproductive biology of round Sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. *Scientia Marina*, 70:281-290.
- Tsikliras A.C., Stergiou K.I. (2007) Fisheries Management and Marine Protected Areas. In: Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (eds) *State of Hellenic Fisheries*. Hellenic Centre for Marine Research Institute of Marine Biological Resources, Athens, p 306-314.
- Tzanatos E., Somarakis S., Tserpes G., Koutsikopoulos C. (2008) Catch length analysis, relation to minimum landing sizes and management implications from a Mediterranean small-scale fishery (Patraikos Gulf, Greece). *Fisheries Research*, 93:125-134.

- Uckun D., Akalin S., Taskavak E., Togulga M. (2004) Some biological characteristics of the garfish (*Belone belone* L., 1761) in the Izmir Bay, Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 20:413-416.
- Vassilopoulou V., Papaconstantinou C. (1999) Marine Protected Areas as reference points for precautionary fisheries: A case study of trawl reserves in Greek waters, CIESM workshop report on “precautionary approach to native fisheries and species introduction in the Mediterranean”, September 1999, Kerkennah, Tunisia.
- Voulgaridou P., Stergiou K.I. (2003) Trends in various biological parameters of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Wlabaum, 1972), in the eastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 269-280.
- Walters C., Parma A.M. (1996) Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change *CJFAS*, 53:148-158.
- Watson R., Pauly D. (2001) Systematic distortions in world fisheries catch trends. *Nature*, 414:534-536.
- Wilson D.C., Del Valle I., Jessen R., Motos L. (2006) The knowledge base as process. In: Motos L., Wilson D.C. (eds) *The Knowledge Base for Fisheries Management*. Elsevier, Oxford, p 1-25.
- Wootton R.J. (1998) *Ecology of Teleost Fishes* (2nd edition). Kluwer Academic Publishers, Fish and Fisheries Series 24, Dordrecht, The Netherlands.
- Yacobi Y.Z., Zohari T., Kress N., Hecht A., Robarts R.D., Waiser M., Wood A.M., Li W.K.W. (1995) Chlorophyll distribution throughout the southeastern Mediterranean in relation to the physical structure of the water mass. *Journal of Marine Systems*, 6:179-189.

Estimating optimum fishing size for several commercial fishes of Greek waters

7. ABSTRACT

In the present study, the optimum fishing size (OFS) was estimated for 25 commercial fishes inhabiting Greek waters, based on their spawning strategies and their length frequency distributions, through empirical equations. Specifically, the length at first maturity was used to evaluate the minimum fishing length and the relation between absolute fecundity and fish length to evaluate the maximum fishing length. In addition, other characteristics such as (growth parameters, natural mortality) were used to evaluate the optimum fishing size for each stock through empirical equations.

Specifically, in this present study, is considered that the optimal fishing length based on the optimum biomass catch is for *Atherina boyeri* 6,3 cm, for *Belone belone* 36,9 cm, for *Sardina pilchardus* 10,6 cm, for *Sardinella aurita* 15,2 cm, for *Engraulis encrasicolus* 9,3 cm, for *Merluccius merluccius* 79,2 cm, for *Chelon labrosus* 23,2 cm, for *Liza aurata* 15,1 cm, for *Liza ramada* 24,9 cm, for *Liza saliens* 17,8 cm, for *Mugil cephalus* 37,6 cm, for *Spicara maena* 9,9 cm, for *Dicentrarchus labrax* 40,5 cm, for *Mullus barbatus* 12 cm, for *Sciaena umbra* 32,5 cm, for *Boops boops* 18,4 cm, for *Diplodus annularis* 9,9 cm, for *Diplodus sargus* 22,8 cm, for *Diplodus vulgaris* 17,3 cm, for *Pagellus acarne* 17,3 cm, for *Pagellus erythrinus* 22 cm, for *Spondyllosoma cantharus* 43 cm, for *Sphyræna sphyræna* 34,6 cm, for *Scorpaena porcus* 13,1 cm and for *Helicolenus dactylopterus* 18,4 cm.

Finally, length frequency distributions, growth parameters and natural mortality, were used to compare the optimum lengths resulted from each method, based on the optimum biomass which would fished in each case.

The final optimum length, can be used in future from specific fishing gears if it enacted as a management measure, in order to prevent overexploitation as a result of the fish recruitment decline, which occurs when fish get caught before they spawn or when they produce their maximum number of oocytes.

Keywords: optimum fishing size, length at first maturity, fecundity, spawning, effects of fishing, management.